

Spherical reactor having a plurality of cylindrical reaction chambers and method for carrying out a reaction using said spherical reactor

Publication number: DE3240089

Publication date: 1983-10-13

Inventor: NAKANO TOMOYOSHI (JP); KINNO BUNJI (JP);
ZANMA JUN (JP)

Applicant: TOYO ENGINEERING CORP (JP)

Classification:

- international: B01J3/04; B01J8/00; B01J8/04; C01C1/04; B01J3/04;
B01J8/00; B01J8/04; C01C1/00; (IPC1-7): B01J8/02;
B01J3/04; C01C1/04

- european: B01J3/04; B01J8/00B; B01J8/04; C01C1/04B4

Application number: DE19823240089 19821029

Priority number(s): JP19810174547 19811102

Also published as:



JP58076134 (A)

GB2110105 (A)

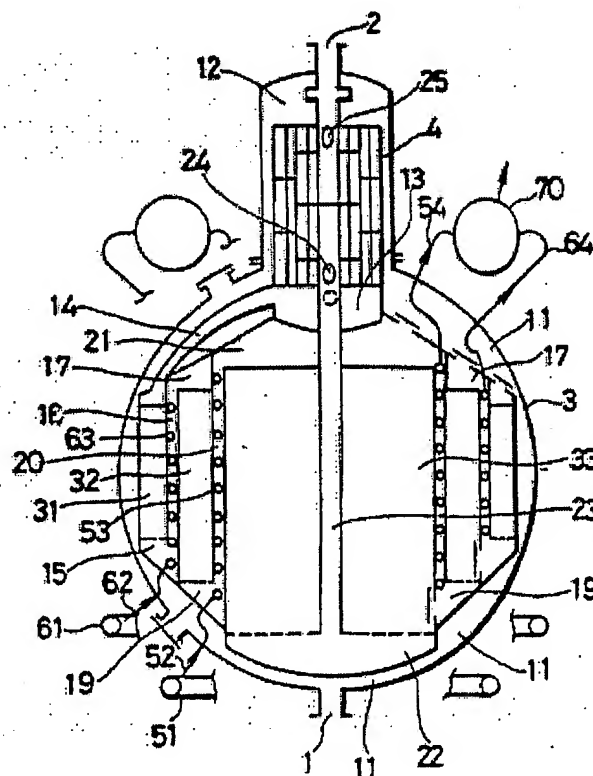
Report a data error here

Abstract not available for DE3240089

Abstract of corresponding document: GB2110105

Disclosed herein is a spherical or spheroidal reactor adapted to bring a feed gas into contact under elevated pressures with a fixed bed of a granular catalyst so that the feed gas is caused to undergo a chemical reaction to obtain a gaseous reaction product. The reactor has a spherical or spheroidal and pressure-resistant outer shell (3) and at least two cylindrical, intercylinder, truncated conical and/or truncated intercone reaction chambers (31, 32, 33), one inside the other, enclosed in the pressure-resistant outer shell. The reactor may carry a cylindrical protrusion.

FIG. 2



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 32 40 089.6
22 Anmeldetag: 29. 10. 82
43 Offenlegungstag: 13. 10. 83

DE 3240089 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31

02.11.81 JP P174547-81

71 Anmelder:

Toyo Engineering Corp., Tokyo, JP

74 Vertreter:

Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6000
Frankfurt

72 Erfinder:

Nakano, Tomoyoshi; Kinno, Bunji; Zanma, Jun,
Chiba, JP

Handwritten signature

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Kugelförmiger Reaktor mit einer Vielzahl zylindrischer Reaktionskammern und Verfahren zur Durchführung von Reaktionen in diesem Reaktor

Kugelförmiger oder im wesentlichen kugelförmiger Reaktor, der für das Kontaktieren unter erhöhten Drücken eines zugeführten Gases mit einem Festbett aus einem granulatformigen Katalysator ausgelegt ist, so daß das zugeführte Gas eine chemische Reaktion durchläuft, damit ein gasförmiges Reaktionsprodukt entsteht. Der erfindungsgemäße Reaktor besitzt einen kugelförmigen oder im wesentlichen kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantel und wenigstens zwei zylindrische, zwischen Zylindern gelegene und/oder kegelschleppförmige Reaktionskammern, die in dem druckbeständigen Außenmantel eingeschlossen sind. Der erste bauliche Vorteil des Reaktors liegt in der Möglichkeit der Verringerung der Wandstärke und des Gewichtes des Außenmantels im Vergleich zu einem zylindrischen Reaktor mit dem gleichen Katalysatorpackungsvolumen. Der zweite bauliche Vorteil des Reaktors ist, daß Verbindungsöffnungen zum Beschicken oder Ablassen von Gasen, Kühlmedien oder Katalysatoren relativ leicht an gewünschten Stellen durch den kugelförmigen Außenmantel geführt werden können. Unter Verwendung des erfindungsgemäßen Reaktors können verschiedene Reaktionsverfahren durchgeführt werden. (32 40 089)

DE 3240089 A1

Dr. rer. nat. Horst Schüler
PATENTANWALT

6000 Frankfurt/Main 1, 28.10.1982
Kaiserstraße 41 Dr.HS/hs
Telefon (0611) 235555
Telex: 04-16759 mapat d
Postscheck-Konto: 282420-602 Frankfurt/M.
Bankkonto: 225/0389
Deutsche Bank AG, Frankfurt/M.

T / 2331

Anmelder: TOYO ENGINEERING CORPORATION
No. 2-5, Kasumigaseki 3-chome,
Chiyoda-ku,
Tokyo, Japan

Patentansprüche

1. Reaktor zum Kontaktieren eines zugeführten Gases mit einem Festbett aus einem granulatförmigen Katalysator unter erhöhten Drücken, um das zugeführte Gas eine chemische Reaktion durchlaufen und auf diese Weise ein gasförmiges Reaktionsprodukt entstehen zu lassen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß er einen druckbeständigen Außenmantel (3) und wenigstens zwei Reaktionskammern (31,32,33) umfaßt, die sich innerhalb des Außenmantels befinden, wobei der Außenmantel (3) entweder (a) eine Kugel oder näherungsweise eine Kugel bzw. ein Sphäroid ist, das aus einem Zylinder mit einer Länge, die gleich oder kürzer als drei Viertel seines Durchmessers ist, und halbkugelförmigen Endplatten mit dem gleichen Durchmesser

wie der Zylinder, die an beiden Enden des Zylinders vorgesehen sind, gebildet ist, oder (b) eine andere Kugel oder eine andere angenäherte Kugel bzw. Sphäroid ist, die bzw. das die gleiche Konfiguration wie die vorgenannte Kugel bzw. das vorgenannte Sphäroid aufweist und mit wenigstens einem zylindrischen Vorsprung versehen ist, der ein Viertel der Gesamtoberfläche der letztgenannten Kugel bzw. des Sphäroids oder weniger bedeckt, und die Reaktionskammern (31,32,33) zylindrische, interzylindrische (d.h. als Zwischenraum zwischen Zylindern ausgebildete), kegeltumpfförmige und/oder inter-kegeltumpfförmige (d.h. als Zwischenraum zwischen Kegeltümpfen ausgebildete) Räume sind und/oder Formen besitzen, die zwischen Teilen oder der Gesamtheit der Teile der äußeren Oberflächen der zylindrischen, interzylindrischen, kegeltumpfförmigen oder inter-kegeltumpfförmigen Gebilde und der inneren Oberfläche des Außenmantels (3) liegen und von diesen begrenzt werden und ringförmige Querschnitte in Ebenen aufweisen, die sich rechtwinklig zu ihren Achsen erstrecken, und die in solch einer Beziehung zueinander angeordnet sind, daß eine Reaktionskammer (33 bzw. 32) mit einem kleineren äußeren Durchmesser innerhalb einer Reaktionskammer (32 bzw. 31) mit einem größeren inneren Durchmesser gelegen ist.

2. Reaktor nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , daß der Reaktor zusätzlich wenigstens ein gebogenes Rohr, das sich durch die kugelförmige Wand oder die näherungsweise kugelförmige Wand bzw. sphäroidale Wand des druckbeständigen Außenmantels (3) erstreckt, und eine den Innenraum des Reaktors unterteilende Trennwand umfaßt, so daß der so unterteilte Innenraum des Reaktors mit dem

Außenraum des Reaktors in Verbindung steht, und daß das gebogene Rohr zwischen dem Außenmantel und der Trennwand innerhalb eines Raumes in der Nähe der inneren Oberfläche der kugelförmigen oder näherungsweise kugelförmigen bzw. sphäroidalen Wand des Außenmantels (3) angeordnet ist.

3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß (a) die einzelnen Reaktionskammern (31,32) jeweils eine interzylindrische (d.h. als Zwischenraum zwischen Zylindern ausgebildete) Gestalt besitzen und aufrecht angeordnet sind, (b) der Reaktor weiterhin einen Verteilerraum (16) umfaßt, der jeweils zwischen zwei benachbarten Reaktionskammern (31,32) vorgesehen ist, und (c) eine Vielzahl von Kühlrohren (53) innerhalb wenigstens einer (32) der Reaktionskammern in wenigstens zwei konzentrischen Kreisen und parallel zu der Achse der Reaktionskammer angeordnet ist, wobei das Zuführungsgas gezwungen wird, radial und nacheinander durch jede der Reaktionskammern (31,32) zu strömen, und ein Kühlmedium bei einem gewünschten Druck als eine siedende Gas-Flüssigkeits-Mischphase durch die Kühlrohre (51,52,53,54) nach oben strömen gelassen wird.
4. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Außenmantel (3) eine Kugel oder eine angenäherte Kugel bzw. ein Sphäroid ist, die bzw. das mit wenigstens einem zylindrischen Vorsprung versehen ist, und daß innerhalb wenigstens eines dieser zylindrischen Vorsprünge ein indirekter Wärmeaustauscher (4) vorgesehen ist, in dem das zugeführte Gas mit einem Gas hoher Temperatur, das im Verlauf der Reaktion oder nach Fertigstellung der Reaktion entsteht, vorerhitzt wird.

5. Verfahren zum Kontaktieren eines zugeführten Gases mit einem Festbett aus einem granulatförmigen Katalysator unter erhöhten Drücken, bei dem das zugeführte Gas eine chemische Reaktion durchläuft und auf diese Weise ein gasförmiges Reaktionsprodukt gebildet wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Reaktion unter Verwendung des Reaktors gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 durchgeführt wird und das zugeführte Gas gezwungen wird, nacheinander durch wenigstens zwei Reaktionskammern in dem Reaktor zu strömen.
6. Verwendung eines Reaktors nach einem der Ansprüche 1 bis 4 für ein Verfahren zum Kontaktieren eines zugeführten Gases mit einem Festbett aus einem granulatförmigen Katalysator unter erhöhten Drücken, bei dem das zugeführte Gas eine chemische Reaktion durchläuft und auf diese Weise ein gasförmiges Reaktionsprodukt gebildet wird, wobei das zugeführte Gas nacheinander durch wenigstens zwei Reaktionskammern in dem Reaktor geleitet wird.

Dr. rer. nat. Horst Schüler
PATENTANWALT

5

3240089
6000 Frankfurt/Main 1, 28.10.1982
Kaiserstrasse 41 Dr. HS/ki.
Telefon (0611) 23 55 55
Telex 04-16759 mapat d
Postscheck-Konto: 282420-602 Frankfurt/M.
Bankkonto: 225/0389
Deutsche Bank AG, Frankfurt/M.

T / 2331

Beanspruchte Priorität: 02. November 1981, Japan,
Patentanmeldung No. 174547/1981

Anmelder: TOYO ENGINEERING CORPORATION
No. 2-5, Kasumigaseki 3-chome,
Chiyoda-ku,
Tokyo, Japan

Kugelförmiger Reaktor mit einer Vielzahl zylindrischer
Reaktionskammern und Verfahren zur Durchführung von
Reaktionen in diesem Reaktor.

Die Erfindung betrifft eine Verbesserung an einem Reaktor,
der so ausgelegt ist, daß in ihm ein zugeführtes Gas eine
chemische Reaktion unter erhöhten Drücken und unter Ver-
wendung eines Festbettes aus einem granulatförmigen Kata-
lyзатор eingeht, so daß ein gasförmiges Reaktionsprodukt
erhalten werden kann. Spezieller bezieht sich diese Erfin-
dung auf einen Reaktor mit einem kugelförmigen oder im we-
sentlichen kugelförmigen oder ganz allgemein sphäroidalen
(hier im folgenden einfach als "kugelförmig" bezeichnet)

und druckbeständigen äußeren Mantel. Die Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zur Durchführung einer Reaktion, die unter Verwendung eines derartigen kugelförmigen, im wesentlichen kugelförmigen oder allgemein sphäroidalen Reaktors durchgeführt wird.

Wie es bereits auf vielerlei Art in die Praxis umgesetzt worden ist, angeführt sei z.B. bei der Erzeugung von Ammoniak, Methanol und dergleichen, wurde routinemäßig ein Hochdruckgas mit einem Festbett aus einem granulatförmigen Katalysator (hier im folgenden einfach als "Katalysator" bezeichnet) bei der Arbeitstemperatur des Katalysators in Kontakt gebracht, so daß das Gas gezwungen wurde, eine chemische Reaktion zu durchlaufen, um dadurch ein gasförmiges Reaktionsprodukt zu erhalten. Es sind bereits unzählige Beispiele für Reaktoren zum Durchführen einer derartigen chemischen Reaktion beschrieben worden. Viele dieser bekannten Reaktoren sind jeweils für die Abkühlung ihres Katalysators und des Gases, das als Folge einer exothermen Reaktion aufgeheizt worden ist, mit einer oder mehreren Öffnungen für die Zuführung eines Zustromgases mit einer niedrigen Temperatur direkt an eine oder mehrere gewünschte Stellen in eine Reaktionskammer, die innerhalb desselben Reaktors vorgesehen und mit dem Katalysator bepackt ist und wahlweise in zwei oder mehr Abschnitte unterteilt sein kann, oder an eine Stelle zwischen abgeteilten Reaktionskammern und/oder einer oder mehreren Wärmeübergangsflächen versehen, welche so ausgelegt sind, daß ein indirekter Wärmeaustausch mit dem Zustromgas mit der niedrigen Temperatur oder einem anderen Kühlmittel als dem Zustromgas bewirkt werden kann.

In derartigen herkömmlichen Reaktoren ist jede Reaktionskammer, die in dem jeweiligen Reaktor vorgesehen und mit einem Katalysator für den Gebrauch bepackt ist, im allgemeinen in einer zylindrischen oder interzylindrischen Gestalt ausgeformt, vor allem im Hinblick auf die Ausbil-

dung eines gleichmäßigen Strömungsdurchganges für ein Gas durch das Katalysatorbett und zur Erleichterung ihrer Herstellung. Der Ausdruck "interzylindrische" Form soll, wie er hier verwendet wird, eine Form bezeichnen, wie sie zwischen zwei Zylindern entsteht, die verschiedene Durchmesser besitzen und coaxial angeordnet sind, mit anderen Worten eine Gestalt, die durch die äußere Umfangsoberfläche des inneren Zylinders und die innere Umfangsfläche des äußeren Zylinders festgelegt ist. Als Strömungsrichtung eines Gases jeweils durch diese Reaktionskammern wird, wie allgemein bekannt ist, das Gas gezwungen, in axialer Richtung der zylindrischen oder interzylindrischen Reaktionskammer (d.h. in axialer Durchströmung) oder in radialer Richtung der gleichen Reaktionskammer (d.h. in radialer Durchströmung) zu strömen. Demzufolge wurde ein zylindrischer äußerer Mantel, der mit Deckeln an beiden Enden versehen ist, in einem herkömmlichen Reaktor als druckbeständiger äußerer Mantel zum Einschließen einer zylindrischen oder interzylindrischen Reaktionskammer verwendet. Nach Kenntnis der Erfinder wurde bisher kein druckbeständiger äußerer Mantel vorgeschlagen, der anders als diese zylindrischen druckbeständigen äußeren Mäntel aufgebaut war.

Hauptaufgabe dieser Erfindung ist es, die Wanddicke eines druckbeständigen Aussenmantels eines Reaktors zu verringern, um so das Gewicht des Reaktors zu erniedrigen, und den Reaktor kürzer auszubilden, um so die Längen der zugehörigen Leitungssysteme zu verkürzen, wodurch Halterungen und Fundamente, die für die Installation des Reaktors erforderlich sind, kleiner gemacht werden und dementsprechend die Baukosten für den Reaktor verringert werden.

Wie eingangs schon angegeben wurde, bezieht sich die vorliegende Erfindung auf einen Reaktor mit einem kugelförmigen, näherungsweise kugelförmigen oder sphäroidalen und druckbeständigen Aussenmantel. Im Falle gleichen inneren

- 8 -

Volumens und inneren Gasdrucks besitzt ein kugelförmiges druckbeständiges Gefäß eine kleinere Oberfläche und gestattet den Einsatz eines dünneren Stahlmaterials für seinen druckbeständigen äußeren Mantel im Vergleich zu einem zylindrischen druckbeständigen Gefäß. Beispielsweise kann bei einem kugelförmigen druckbeständigen Gefäß und einem zylindrischen druckbeständigen Gefäß, die den gleichen inneren Durchmesser besitzen und bei dem gleichen Druck verwendet werden, die Dicke eines Stahlmaterials für das erste Gefäß auf etwa die Hälfte von dem des Stahlmaterials, das für das letztere Gefäß erforderlich ist, gesenkt werden. Dementsprechend ist es bekannt, daß das Gewicht eines druckbeständigen äußeren Mantels per se leichter gemacht werden kann, wenn seine Gestalt in eine kugelförmige umgeändert wird. Unter Ausnutzung dieses Vorteils werden viele kugelförmige druckbeständige Gefäße z.B. als Speichertanks für flüssiges Erdgas verwendet. Es ist jedoch nichts darüber bekannt geworden, wie der innere Raum ausgenutzt wird, wenn ein kugelförmiges druckbeständiges Gefäß als äußerer Mantel eines druckbeständigen Reaktors verwendet wird.

Die Erfinder haben Untersuchungen über die Ausnutzung des Innenraumes eines kugelförmigen druckbeständigen äußeren Mantels als Reaktor durchgeführt. Als Folge davon wurde die vorliegende Erfindung fertiggestellt.

In einer Ausführungsform der Erfindung wird ein Reaktor geschaffen, der so ausgelegt ist, daß ein Zuführungsgas mit einem Festbett aus einem granulatförmigen Katalysator unter erhöhten Drücken in Kontakt gebracht wird, so daß das Zuführungsgas gezwungen wird, eine chemische Reaktion zu durchlaufen, und ein gasförmiges Reaktionsprodukt auf diese Weise erhalten wird, wobei dieser Reaktor dadurch gekennzeichnet ist, daß er einen druckbeständigen Außenmantel und wenigstens zwei Reaktionskammern umfaßt, die innerhalb des Außenmantels eingeschlossen sind, dabei ist der

Aussenmantel entweder (a) eine Kugel oder ein Sphäroid (bzw. ^{angenähertes} Rotationsellipsoid), das aus einem Zylinder mit einer Länge, die gleich oder kürzer als drei Viertel seines Durchmessers ist, und halbkugelförmigen Endplatten mit dem gleichen Durchmesser wie der Zylinder gebildet ist, wobei die halbkugelförmigen Endplatten an beiden Enden des Zylinders vorgesehen sind, oder (b) eine andere Kugel oder ein anderes Sphäroid mit den gleichen Konfigurationen wie die vorher angegebene Kugel oder das vorher angegebene Sphäroid und dabei mit wenigstens einem zylindrischen Vorsprung versehen, der ein Viertel der Gesamtoberfläche der genannten Kugel oder des Sphäroid oder weniger bedeckt; und die Reaktionskammern sind von zylindrischer, interzylindrischer, kegels stumpfförmiger und/oder inter-kegels stumpfförmiger (d.h. zwischen den Kegels tumpfen gelegener) Gestalt und/oder besitzen Formen, die jeweils durch Teile oder alle Teile der äußeren Oberflächen der zylindrischen, interzylindrischen, kegels stumpfförmigen oder inter-kegels stumpfförmigen Formen und der inneren Oberfläche des äußeren Mantels festgelegt und begrenzt sind und ringförmige Querschnitte in Schnittebenen entlang Ebenen, die sich senkrecht zu ihren Achsen erstrecken, aufweisen, und in einer derartigen Beziehung angeordnet sind, daß die Reaktionskammer mit einem kleineren äußeren Durchmesser innerhalb der Reaktionskammer mit einem größeren inneren Durchmesser gelegen ist.

In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird auch ein Verfahren zum Inkontaktbringen eines Zuführungsgases mit einem Festbett aus einem granulatförmigen Katalysator unter erhöhten Drücken geschaffen, so daß das Zuführungsgas gezwungen wird, eine chemische Reaktion einzugehen, und ein gasförmiges Reaktionsprodukt auf diese Weise erhalten wird, wobei dieses Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß die Reaktion unter Verwendung des vorstehend beschriebenen Reaktors durchgeführt wird und das Zuführungs-

gas gezwungen wird, nacheinander durch wenigstens zwei Reaktionskammern in dem Reaktor zu strömen.

Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen näher erläutert.

In den Zeichnungen zeigen:

- Figur 1 eine schematische Querschnittsansicht jeweils von einem zylindrischen Reaktor und einem kugelförmigen Reaktor, wodurch das Prinzip der Erfindung erläutert wird;
- Figur 2 eine schematische Querschnittsansicht einer Ausführungsform des Reaktors gemäß der Erfindung, bei dem der kugelförmige äußere Mantel mit einem zylindrischen Vorsprung versehen ist und der kugelförmige Mantel eine zylindrische Reaktionskammer und zwei interzylindrische Reaktionskammern umschließt;
- Figur 3 eine schematische Querschnittsansicht einer anderen Ausführungsform des Reaktors nach der Erfindung, bei dem der äußere Mantel aus einer Kugel gebildet ist und zwei Reaktionskammern enthält, von denen eine einem Kegelstumpf ähnelt und die andere eine inter-kegelstumpfförmige (oder zwischen Kegelstümpfen gelegene) Gestalt aufweist;
- Figur 4 eine schematische Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform des Reaktors gemäß der Erfindung, bei dem der äußere Mantel eine Kombination aus einer Kugel und einem zylindrischen Vorsprung ist und zwei Reaktionskammern einschließt, von denen die eine zylindrisch ist und die andere im wesentlichen toroidal oder ringförmig ist;
- Figur 5 eine schematische Querschnittsdarstellung einer noch weiteren Ausführungsform des Reaktors gemäß

der Erfindung, bei dem der äußere Mantel aus einer Kugel oder Kugelschale hergestellt ist und zwei interzylindrische Reaktionskammern einschließt und ein Zuführungsgas gezwungen wird, radial durch die Reaktionskammern zu strömen; und

Figur 6 eine schematische Querschnittsansicht noch einer weiteren Ausführungsform des Reaktors nach der Erfindung, bei dem der äußere Mantel aus einer Kugel oder Kugelschale gebildet ist und eine zylindrische Reaktionskammer und zwei interzylindrische Reaktionskammern enthält, und bei der der Reaktor mit externen Wärmeaustauschern versehen ist.

Das fundamentale Merkmal der Verwendung des Innenraumes eines kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels als Reaktor gemäß dieser Erfindung liegt in dem Vorsehen wenigstens zweier Reaktionskammern in dem Innenraum, wobei diese Reaktionskammern im einzelnen jeweils zylindrische, interzylindrische, kegelstumpfförmige und/oder inter-kegelstumpfförmige Gestalt und/oder toroidale oder ringförmige Gestalt aufweisen, die jeweils zwischen Teilen oder allen Teilen der äußeren Oberflächen der zylindrischen, interzylindrischen, kegelstumpfförmigen oder inter-kegelstumpfförmigen Formen und der inneren Oberfläche des äußeren Mantels liegen und durch diese begrenzt sind. Aufgrund der obigen fundamentalen Eigenschaft kann der Innenraum eines kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels in wirkungsvoller Weise für einen Reaktor ausgenutzt werden und das Gewicht des Reaktors kann im Vergleich zu jeglicher Art der bekannten zylindrischen Reaktoren verringert werden. Die Grundmerkmale der Erfindung werden zuerst unter Bezugnahme auf Fig. 1 erläutert.

Figur 1 ist eine schematische Querschnittsansicht zum Vergleich der Oberflächengröße eines kugelförmigen Außenmantels A mit dem eines zylindrischen Außenmantels B, der drei Reak-

tionskammern einschließt, die jeweils die gleiche horizontale Querschnittsgröße besitzen. Der Buchstabe C bezeichnet eine zylindrische Reaktionskammer, die im Kontakt mit der inneren Oberfläche des kugelförmigen Reaktors A angeordnet ist und so ausgelegt ist, daß sie einen Katalysator in einem Packungszustand enthält. Gemäß der Darstellung ist die Reaktionskammer C den beiden Außenmänteln gemeinsam. Der Buchstabe D bezeichnet eine interzylindrische Reaktionskammer, die im Kontakt mit der inneren Oberfläche des kugelförmigen Reaktors A außerhalb der Reaktionskammer C angeordnet ist und die gleiche horizontale Querschnittsgröße wie die Reaktionskammer C besitzt. Mit dem Buchstaben D' ist eine andere zylindrische Reaktionskammer bezeichnet, die das gleiche innere Volumen und die gleiche horizontale Querschnittsgröße wie die Reaktionskammer D besitzt und auf der Reaktionskammer C angebracht ist. Das Innenvolumen der Reaktionskammern D und D' ist kleiner als das der Reaktionskammer C. Der Buchstabe E ist eine weitere interzylindrische Reaktionskammer, die im Kontakt mit der inneren Oberfläche des kugelförmigen Reaktors A außerhalb der Reaktionskammer D angeordnet ist und die gleiche horizontale Querschnittsfläche wie die Reaktionskammern C und D besitzt. Der Buchstabe E' bezeichnet eine weitere zylindrische Reaktionskammer, deren inneres Volumen und deren horizontale Querschnittsfläche gleich der Reaktionskammer E ist und die auf der Reaktionskammer D' innerhalb des zylindrischen Reaktors B angebracht ist. Das Volumen der Reaktionskammern E und E' ist jeweils kleiner als das der Reaktionskammern D und D'. Aufgrund dieser Anordnung kann der kugelförmige Reaktor A mit einem Katalysator mit dem gleichen Volumen wie der zylindrische Reaktor B bepackt werden. Weiterhin wird die lineare Geschwindigkeit, die von einem Gas, das durch die einzelnen Reaktionskammern C, D und E strömt, erreicht werden soll, gleich der linearen Geschwindigkeit eines Gases, das axial durch den zylindrischen Reaktor B strömt, wenn ein Zuführungsgas gezwungen wird, axial in der Reihenfolge C - D - E oder

E - D - C durch den kugelförmigen Reaktor A zu strömen. Demzufolge ist der kugelförmige Reaktor A dem zylindrischen Reaktor B gleich in Bezug auf das Katalysatorvolumen und den Druckverlust, der sich beim Durchgang eines Gases durch den Reaktor hindurch einstellt. Wenn man bekannte Deckel sowohl am oberen als auch am unteren Ende des zylindrischen Reaktors B befestigt (halbkugelförmige Endplatten in der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform) und die Oberflächengröße der beiden Reaktoren nach an sich bekannten Verfahren berechnet, sieht man leicht, daß die Oberflächengröße des kugelförmigen Reaktors A beträchtlich kleiner als die des zylindrischen Reaktors B ist. Unter der Annahme, daß die beiden Reaktoren jeweils mit Hochdruckgasen des gleichen Druckes beschickt werden, kann der druckbeständige Außenmantel des kugelförmigen Reaktors 10 bis 20 % leichter gemacht werden als der des zylindrischen Reaktors oder eventuell noch leichter, selbst wenn das zusätzliche Gewicht eines unten beschriebenen Kühlsystems, das zwischen den Reaktionskammern vorgesehen werden soll, in Betracht gezogen wird. Solch eine Gewichtsabnahme eines druckbeständigen Außenmantels wird dadurch erreicht, daß seine Wanddicke dünner gemacht wird. Die obere Grenze für einen großen Reaktor ist häufig durch die maximale Dicke des Stahlmaterials beschränkt, das herstellbar ist. Die Abnahme der erforderlichen Wanddicke bedeutet, daß solch eine Beschränkung erfolgreich vermieden werden kann.

Die vorstehende Beschreibung bezog sich auf das Prinzip dieser Erfindung. Neben zylindrischen oder interzylindrischen Reaktionskammern ist es bei der vorliegenden Erfindung möglich, Reaktionskammern mit kegelstumpfförmiger oder inter-kegelstumpfförmiger Gestalt zu verwenden, die bisher niemals in irgendwelchen herkömmlichen zylindrischen Reaktoren verwendet worden sind. Kegelstumpfförmige

und hier als "inter-kegelstumpfförmige" bezeichnete Reaktionskammern werden in der Beschreibung noch später beschrieben. Es sei bemerkt, daß der Reaktor gemäß der Erfindung für die Durchführung von zwei Arten chemischer Reaktionen verwendet werden kann, nämlich sowohl für exotherme als auch für endotherme Reaktionen. Auf eine endotherme Reaktion wird später Bezug genommen, und die vorliegende Erfindung wird im folgenden unter prinzipieller Bezugnahme auf exotherme Reaktionen beschrieben. Es soll jedoch bemerkt werden, daß hier kein grundsätzlicher Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Reaktionen besteht, soweit es diese Erfindung betrifft, und die folgende Beschreibung kann in gleicher Weise auf eine endotherme Reaktion angewendet werden, indem die thermischen Aspekte, abgesehen von dem Vorerhitzen des Zuführungsgases, umgekehrt werden, beispielsweise indem man das Kühlen in einer exothermen Reaktion als Erhitzen in einer endothermen Reaktion liest. Es ist im allgemeinen notwendig, innerhalb des Inneren eines Reaktors Vorrichtungen und Einrichtungen vorzusehen, die zum Kühlen des Katalysators oder der Gase, die als Folge der Reaktion erhitzt worden sind, auf eine gewünschte Temperatur und zum Vorerhitzen des Zuführungsgases auf die Arbeitstemperatur des Katalysators angepaßt sind, wobei diese Vorrichtungen und Einrichtungen zusätzlich zu den oben beschriebenen Reaktionskammern vorzusehen sind.

Als erstes Verfahren zum Abkühlen der Temperaturen des Katalysators und des heißen Gases im Inneren eines Reaktors bietet sich als möglich an, das Zuführungsgas mit einer niedrigen Temperatur direkt an eine oder mehrere gewünschte Stellen innerhalb des Katalysatorbettes zu leiten, oder wenn das Katalysatorbett (d.h. die Reaktionskammer) unterteilt ist, zu dem Gasdurchströmweg zu leiten, der ein stromaufwärts gelegenes Katalysatorbett und sein nachfolgendes stromabwärts gelegenes Katalysatorbett verbindet. Als

zweites Verfahren zum Erreichen des gleichen Zieles ist es möglich, eine Wärmeübergangsfläche zum indirekten Wärmeaustausch in dem Katalysatorbett oder, wenn das Katalysatorbett unterteilt ist, in einem Raum zwischen einer stromaufwärtsseitigen Reaktionskammer und ihrer nachfolgenden stromabwärtsseitigen Reaktionskammer vorzusehen, um so den heißen Katalysator oder heißes Gas dem Wärmeaustausch mit dem Zuführungsgas mit der niedrigen Temperatur zu unterwerfen. Das zweite Verfahren kann auch wirksam sein, um das Zuführungsgas vorzuerhitzen. Zusätzlich bietet sich als drittes Verfahren für das gleiche Ziel die Möglichkeit an, anstelle des Zuführungsgases, das als das Fluid der niedrigeren Temperaturseite in dem Wärmeaustauscher in dem zweiten Verfahren dient, ein anderes Kühlfluid, z.B. ein anderes gasförmiges Medium oder eine Flüssigkeit oder ein gemischtphasiges Fluid, das aus einer Flüssigkeit und ihrem Dampf besteht, zu verwenden, wobei die Flüssigkeit oder das gemischtphasige Fluid seinen Siedepunkt bei einer gegebenen Temperatur unter einem erhöhten Druck erreicht hat. Das Zuführungsgas kann vorerhitzt werden entweder nach dem oben beschriebenen zweiten Verfahren oder indem es dem indirekten Wärmeaustausch mit einem heißen Gas unterworfen wird, das aus der am weitesten stromabwärts gelegenen Reaktionskammer ausströmt, bevor das Zuführungsgas in den Reaktor eingeleitet wird. Wenn ein druckbeständiger Außenmantel keine Probleme oder Schwierigkeiten beim Aufrechterhalten seiner Festigkeit und beim Vermeiden seiner Korrosion und seines Bruchigwerdens aufwirft, selbst wenn der druckbeständige Außenmantel auf die Arbeitstemperatur seines Katalysators aufgeheizt wird, ist es möglich, als ein Verfahren zum Vorerhitzen des Zuführungsgases dieses Zuführungsgas in einem Wärmeaustauscher aufzuheizen, der außerhalb des Reaktors vorgesehen ist, und dann das Zuführungsgas, das bis auf die Arbeitstemperatur des Katalysators aufgeheizt worden

ist, in den Reaktor einzuleiten. Es ist jedoch notwendig, den oben angegebenen indirekten Wärmeaustauscher, der zum Vorerhitzen jedes Zuführungsgases geeignet ist, innerhalb eines Reaktors vorzusehen, wenn es erforderlich ist, die Temperatur des druckbeständigen Außenmantels unterhalb der Arbeitstemperatur des Katalysators zu halten.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das Innere eines kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels sowohl als Raum zum Einschließen der Reaktionskammern als auch der funktionellen Einrichtungen für die Kühlung eines Katalysators und des Gases und die Vorerhitzung eines Zuführungsgases ausgenutzt, wie es oben beschrieben wurde. Das für die Installation jeweils dieser Einrichtungen erforderliche Volumen variiert bis zu einem beträchtlichen Ausmaß in Abhängigkeit von der Art einer Reaktion, die in den Reaktionskammern stattfindet, der Art des verwendeten Katalysators, der Wärmemenge, die beim Auftreten der Reaktion erzeugt wird, der Reaktionstemperatur, des Reaktionsdruckes und anderen Reaktionsparametern. Deshalb kann die vorliegende Erfindung neben der beschriebenen Verringerung des Gewichtes und der Wanddicke des einzelnen Reaktors noch viele weitere Vorteile liefern. Von derartigen Vorteilen werden zuerst diejenigen beschrieben, die allen Ausführungsformen der Erfindung gemeinsam sind.

Die vorteilhaften Merkmale dieser Erfindung können sich nicht so deutlich zeigen im allgemeinen bei Reaktionen, bei denen ein Reaktionsdruck von 5 kg/cm^2 (etwa 5 bar) oder weniger angewendet wird (die Druckangaben sind am Manometer abgelesene Drücke, d.h. Überdruck; alle Bezeichnungen in kg/cm^2 , die im folgenden angegeben sind, beziehen sich auf $\text{kg/cm}^2 \text{G}$, wenn nichts anderes angegeben ist, so daß sie im wesentlichen "bar Überdruck" entsprechen), weil kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Gewicht eines Stahlmaterials, das

für den druckbeständigen Außenmantel eines kugelförmigen Reaktors gemäß der Erfindung erforderlich ist, und dem für einen zylindrischen Reaktor besteht, bei dem die gleiche Menge eines Katalysators wie bei dem kugelförmigen Reaktor verwendet wird. Die Vorteile dieser Erfindung ergeben sich deutlicher bei Reaktionsdrücken von 10 kg/cm^2 (etwa 10 bar) und höher und insbesondere bei Reaktionsdrücken von 30 kg/cm^2 (etwa 30 bar) und höher. In Bezug auf die Reaktionskammern, die im wesentlichen gleich denen im zylindrischen Reaktor sind, ist es zu bevorzugen, zylindrische und/oder interzylindrische Reaktionskammern für den kugelförmigen Reaktor gemäß der Erfindung zu verwenden, so daß ein Gas durch die einzelnen Reaktionskammern in einem Querschnitt senkrecht zu der Strömungsrichtung des Gases gleichmäßig^{strömen} und die wirksame Ausnutzungsrates des Katalysators erhöht werden kann. Wenn jedoch nur eine einzige zylindrische oder interzylindrische Reaktionskammer in einem kugelförmigen Reaktor vorgesehen ist, verbleibt ein großer innerer Raum, abgesehen von der Reaktionskammer. Selbst wenn die Einrichtung zum Kühlen des Katalysators und des Gases und die Einrichtung zum Vorerhitzen des Zuführungsgases in den Innenraum eingeschlossen werden, besitzt der kugelförmige Reaktor noch einen überschüssigen Raum innen und die Vorteile des kugelförmigen Reaktors werden nicht ausgenutzt. Demzufolge ist es unerlässlich, wenigstens zwei zylindrische oder interzylindrische Reaktionskammern vorzusehen, um eine wirksame Ausnutzung des Innenraumes eines kugelförmigen Reaktors vorzunehmen. Anders als bei zylindrischen Reaktoren ist es leicht möglich, für die wirksame Ausnutzung des Innenraumes eines einzelnen kugelförmigen Reaktors neben zylindrischen und interzylindrischen Reaktionskammern kegelstumpfförmige Reaktionskammern, inter-kegelstumpfförmige Reaktionskammern (d.h. zwischen den Kegelstümpfen gelegene Kammern) zu verwenden als auch als Reaktionskammern im wesentlichen torpidale

oder ringförmige Zwischenräume auszunutzen, die zwischen Teilen oder allen Teilen der äußeren Oberflächen derartiger zylindrischer, interzylindrischer, kegelstumpfförmiger und inter-kegelstumpfförmiger Formen und einem Teil der inneren Oberfläche des druckbeständigen Außenmantels ausgebildet sind. Die Verwendung von Reaktionskammern mit derartig verschiedenartigen Konfigurationen ist in der Tat vorteilhaft. Dies ergibt sich deutlich aus der Tatsache, daß ein kugelförmiger Reaktor kurz und dick ist. Daher umfaßt der Ausdruck "wenigstens zwei Reaktionskammern", wie er hier verwendet wird, ^{auch} Reaktionskammern, die anders als zylindrische oder interzylindrische Reaktionskammern sind, wie sie oben beschrieben wurden. Vorteile dieser Reaktionskammern, die anders als zylindrische oder interzylindrische Reaktionskammern sind, werden unter Bezugnahme auf ihre spezifischen Ausführungsbeispiele beschrieben. Für eine wirksame Ausnutzung des Innenraumes eines kugelförmigen Reaktors ist es auch wichtig, diese zwei oder mehr Reaktionskammern von vorstehend beschriebener Gestalt in solch einer Art anzuordnen, daß sie eine gemeinsame Achse miteinander haben, mit anderen Worten, daß sie koaxial angeordnet sind und die Reaktionskammer mit einem kleineren äußeren Durchmesser innerhalb der Reaktionskammer mit einem größeren inneren Durchmesser angeordnet ist.

Der erste bauliche Vorteil eines kugelförmigen Reaktors mit solch einem Aufbau, wie er oben beschrieben wurde, ist der, daß die Wanddicke und das Gewicht seines Außenmantels im Vergleich zu einem zylindrischen Reaktor mit dem gleichen Katalysatorpackungsvolumen verringert werden kann. Die Gründe für den ersten baulichen Vorteil sind bereits schon beschrieben worden. Der zweite bauliche Vorteil des kugelförmigen Reaktors ist der, daß Verbindungsöffnungen, die zum Zuführen oder Ablassen eines Gases, eines Kühlmediums oder Katalysators ausgelegt sind, leicht

an gewünschten Stellen in der kugelförmigen Oberfläche des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels ausgebildet werden können. Es ist natürlich möglich, einen Raum zum Einbringen oder zum Ablassen eines Gases oder Kühlmediums an einer Stelle vorzusehen, die von beiden Endplatten eines herkömmlichen Reaktors mit einer länglichen zylindrischen Gestalt entfernt ist. Dies erfordert jedoch einen druckbeständigen Außenmantel mit einer beträchtlich ausgedehnten Länge. Insbesondere wenn ein innerer Zylinder als eine Reaktionskammer erforderlich ist, tritt eine wesentliche thermische Expansions- oder Kontraktionsdifferenz zwischen dem Außenmantel und dem Innenzylinder aufgrund der Temperaturdifferenzen auf, die sich während des Betriebs entwickeln. Daher wird der Gesamtaufbau kompliziert gemacht, und es ist so unpraktisch, Rohre sowohl durch die Umfangswand des zylindrischen und druckbeständigen Außenmantels als auch durch die Umfangswandung des Innenzylinders zum Zuführen oder Abführen von Gas und Kühlmedium vorzusehen. Im Gegensatz zu dem herkömmlichen zylindrischen Reaktor wird bei dem kugelförmigen Reaktor gemäß der Erfindung von dem toroidalen oder ringförmigen Raum Gebrauch gemacht, der innerhalb des Reaktors durch eine Trennwand und die innere kugelförmige Oberfläche des druckbeständigen Außenmantels ausgebildet ist und gestattet, Rohre zum Einbringen oder Ablassen eines Gases, Kühlmediums und dergleichen als gebogene Rohre oder Spulen, die sich entlang der inneren Oberfläche des druckbeständigen Außenmantels erstrecken, vorzusehen. Dies gestattet, daß der Aufbau einfacher gemacht wird und vermeidet die Entwicklung starker thermischer Spannungen aufgrund der thermischen Expansion des Reaktors. Weiterhin ist das Vorsehen des vorstehend angegebenen toroidalen Raumes bequem oder vorteilhaft für die Herstellung eines großen Reaktors, weil er weit genug ist, um zu gestatten, daß Arbeiter darin arbeiten.

Bei der obigen Beschreibung des Prinzips der vorliegenden Erfindung, die unter Bezugnahme auf Figur 1 vorgenommen wurde, ist eine Umfangswand einer Reaktionskammer im Kontakt mit ihrer benachbarten Umfangswand einer anderen Reaktionskammer angeordnet, um die Beschreibung zu vereinfachen. Es ist jedoch wünschenswert, Reaktionskammern in solch einer Weise anzuordnen, daß ihre Umfangswandungen teilweise oder hauptsächlich in gegenseitigem Kontakt gehalten werden, wie es in Figur 1 gezeigt ist, da eine derartige Anordnung von Reaktionskammern gestattet, mehr Raum in dem kugelförmigen Reaktor als Reaktionskammern auszunutzen. Es wird jedoch notwendig, einen Raum für den Einbau eines derartig beschriebenen Kühlsystems innerhalb jedes Reaktors vorzusehen, unabhängig von der Form des Reaktors, wenn eine große Wärmemenge im Verlauf einer Reaktion erzeugt wird, die in der Reaktionskammer stattfindet, denn der in die Reaktionskammer gepackte Katalysator besitzt einen geringen Widerstand gegen Wärme und seine Kapazität wird durch jeden übermäßigen Temperaturanstieg gesenkt, oder erhöhte Gas- und Katalysatortemperaturen beeinflussen nachteilig den Verlauf der Reaktion in Bezug auf ihr chemisches Gleichgewicht. Wenn in einem herkömmlichen zylindrischen Reaktor ein Raum ausgebildet wird, um das vorstehend beschriebene Kühlsystem vorzusehen, d.h. eine Zuführungsleitung für ein einströmendes Gas niedriger Temperatur zu einer Reaktionskammer oder zu einem Gasdurchströmungsweg zwischen zwei benachbarten Reaktionskammern oder eine rohrförmige Wärmeübergangsfläche, um ein Hochtemperaturgas dem indirekten Wärmeaustausch mit dem zugeführten Gas niedriger Temperatur zu unterwerfen, ohne daß die Menge des Katalysators im Reaktor verändert wird, wird es notwendig, den Durchmesser oder die Länge des zylindrischen Reaktors zu erhöhen. Andererseits bleibt in einem kugelförmigen Reaktor, der zwei oder mehr Reaktionskammern besitzt, ein toroidaler oder ringförmiger Raum

zwischen der Reaktionskammer und dem äußeren Mantel des kugelförmigen Reaktors frei. Der so freigelassene Raum kann direkt als Durchströmungsweg für ein Reaktionsgas oder als ein Installationsraum für Rohre verwendet werden, die so ausgelegt sind, daß das Reaktionsgas, zugeführtes Gas und Kühlmedium hindurchströmt, wodurch der Ausnutzungsgrad des Innenraums ohne Erhöhung des inneren Volumens des kugelförmigen Reaktors verbessert wird.

Wie sich deutlich aus der vorstehenden Beschreibung ergibt, ist es unnötig, daß der kugelförmige Reaktor gemäß der Erfindung eine exakt kugelförmige Gestalt aufweist, um die Vorteile der Erfindung zu erzeugen. Die Vorteile dieser Erfindung können auch noch durch Reaktoren erhalten werden, die Konfigurationen oder Formen besitzen, die nur kugelähnlich sind. Selbst wenn ein Teil eines kugelförmigen äußeren Mantels nach außen vorsteht, werden die Vorteile der Erfindung nicht nachteilig beeinflusst, so lange nur der Vorsprung zylindrisch ist und der Durchmesser des zylindrischen Vorsprungs relativ klein im Vergleich zu dem Durchmesser des kugelförmigen Außenmantels ist. Entsprechend einem Ergebnis, das die Erfinder in Bezug auf einen kugelförmigen Außenmantel erhalten hatten, der mit einem oder mehreren zylindrischen Vorsprüngen versehen war, wobei die Innenräume der Vorsprünge mit dem Innenraum des kugelförmigen Außenmantels verbunden waren, wurde beispielsweise gefunden, daß im wesentlichen die gleichen Vorteile wie bei einem kugelförmigen Reaktor, der keine Vorsprünge besaß, auch bei einem kugelförmigen Reaktor erhalten werden konnten, bei dem die Oberfläche des Teiles - der eine kugelförmige Oberfläche mit dem angrenzenden Teil zwischen dem zylindrischen Vorsprung und dem kugelförmigen Außenmantel als seiner Grenze bildet - wenigstens drei Viertel der gesamten Oberfläche desselben kugelförmigen Außenmantels ohne den zylindrischen Vorsprung ausmacht. In diesem Falle können die vorstehend beschriebenen Vorteile

im wesentlichen auch bei einem kugelförmigen Reaktor erhalten werden, der einen beträchtlich langen zylindrischen Vorsprung aufweist, verglichen mit einem zylindrischen Reaktor mit dem gleichen Innenraum wie dem kugelförmigen Außenmantel des kugelförmigen Reaktors. Es ist nicht notwendig, die Anzahl dieser zylindrischen Vorsprünge auf nur einen einzigen zu beschränken, sondern es ist auch möglich, viele kleine Vorsprünge an gewünschten Stellen auf der Oberfläche eines kugelförmigen Außenmantels vorzusehen. Als ein anderes Beispiel für Reaktoren, das auch die Vorteile dieser Erfindung liefert, aber nicht eine exakt kugelförmige Oberfläche aufweist, kann ein sphäroidaler (also rotationssymmetrischer) Reaktor erwähnt werden, der aus einem Zylinder mit einer Länge, die nicht größer als drei Viertel seines Durchmessers ist, und halbkugelförmigen Endplatten, die den gleichen Durchmesser wie der Zylinder besitzen und jeweils an den beiden Enden des Zylinders vorgesehen sind, gebildet ist. Dieser sphäroide Reaktor besitzt eine bevorzugte Gestalt, wie noch später beschrieben wird, wenn eine große Wärmemenge durch die Reaktion erzeugt wird, das Gas mit einer hohen Geschwindigkeit durch die Reaktionskammer strömen gelassen wird und das Vorsehen einer großen Wärmeübergangsfläche für indirekte Kühlung in der Reaktionskammer erforderlich ist. In dem vorstehend beschriebenen sphäroidalen Reaktor behindert das Vorsehen eines oder mehrerer zylindrischer Vorsprünge nicht das Erzielen der Vorteile der Erfindung, analog wie bei dem kugelförmigen Reaktor. In der folgenden Beschreibung werden der vorstehend beschriebene kugelförmige Reaktor, ein kugelähnlicher ^{und der} beschriebene sphäroide Reaktor einfach "kugelförmige Reaktoren" unabhängig von dem Vorhandensein oder dem Fehlen zylindrischer Vorsprünge genannt. Obgleich es in vielen Fällen hier vorzuziehen ist, die gemeinsame Achse der einzelnen Reaktionskammern eines Reaktors in vertikaler Richtung, wie es in Figur 1 gezeigt ist, im Hinblick auf den Zusammenbau und die Wartung und

die Inspektion des Reaktors anzuordnen, werden keine funktionellen Probleme oder Unbequemlichkeiten auftreten, auch wenn die gemeinsame Achse sich horizontal oder schräg erstreckt, weil die Ausgangsmaterialien und das Reaktionsprodukt beide gasförmig sind.

Als nächstes wird der Betrieb des kugelförmigen Reaktors gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Es ist möglich, innerhalb des Inneren des Reaktors dieser Erfindung zwei oder mehr Reaktionskammern vorzusehen, die die gleiche Querschnittsform, gesehen entlang einer Ebene senkrecht zu der Strömungsrichtung eines Gases, und die gleiche Länge entlang der Strömungsrichtung des Gases aufweisen. Wenn zwei oder mehr derartige Reaktionskammern mit dem gleichen Katalysator bepackt werden, kann ein zugeführtes Gas parallel durch die zwei oder mehr Reaktionskammern strömen gelassen werden. Solch ein paralleler Durchgang eines zugeführten Gases besitzt jedoch die potentielle Gefahr, daß die Durchflußrate des zugeführten Gases durch eine Reaktionskammer nicht ausgeglichen werden kann, so daß das zugeführte Gas durch eine andere Reaktionskammer hindurchströmt und auf diese Weise ein Kanalbildungseffekt auftritt. Die Gefahr der Kanalbildung wird größer, wenn das zugeführte Gas gezwungen wird, parallel durch Reaktionskammern mit verschiedenen Querschnittsgestalten oder verschiedenen Längen zu strömen. Um die Kanalbildung zu vermeiden ist es notwendig, bestimmte Mittel zu jeder Reaktionskammer hinzuzugeben, um so die gleiche Gasdurchströmrate durch die Reaktionskammer aufrechtzuerhalten. Andererseits kann der Innenraum eines kugelförmigen Reaktors nicht auf die wirksamste Weise ausgenutzt werden, wenn zwei oder mehr Reaktionskammern mit der gleichen Querschnittsgestalt, gesehen entlang einer Ebene senkrecht zu der Strömungsrichtung eines Gases, und der gleichen Länge in Durchströmungsrichtung des Gases innerhalb des kugelförmigen Reaktors vorgesehen werden. Aus diesen Gründen ist es in hohem Maße wünschenswert, den

Reaktor gemäß dieser Erfindung so einzusetzen, daß ein zugeführtes Gas nacheinander durch wenigstens zwei Reaktionskammern, die innerhalb des kugelförmigen Reaktors vorgesehen sind, strömen gelassen wird. Dadurch, daß das Zuführungsgas nacheinander durch die Reaktionskammern strömt, wird es möglich, eine große Menge eines Katalysators in den kugelförmigen Reaktor zu packen, um so den Katalysator effektiv auszunutzen, und den wirksamen Ausnutzungsgrad des Innenraumes des kugelförmigen Reaktors zu erhöhen. Der erste Vorteil, der dadurch erhalten werden kann, daß ein Zuführungsgas nacheinander durch zwei oder mehr Reaktionskammern strömen gelassen wird, beruht darin, daß es leichter wird, das Überhitzen eines Katalysators zu vermeiden, der an der stromaufwärts gelegenen Seite in Bezug auf den Strom des Zuführungsgases gepackt ist (insbesondere an der am weitesten stromaufwärts gelegenen Seite). Es ist nämlich notwendig, ein Zuführungsgas, das auf die Arbeitstemperatur eines Katalysators vorerhitzt worden ist, zuerst mit dem Katalysator in Kontakt zu bringen, der an die am weitesten stromaufwärts gelegene Seite gepackt ist, um eine wirksame Ausnutzung des Katalysators zu erzielen. An der am weitesten stromaufwärts gelegenen Seite enthält das Zuführungsgas überhaupt kein Reaktionsprodukt oder enthält nur wenig Reaktionsprodukt. Demzufolge findet eine heftige Reaktion in dem Katalysatorbett statt, das an der am weitesten stromaufwärts gelegenen Seite gepackt ist, was zu einem plötzlichen Anstieg sowohl der Gas- als auch der Katalysatortemperaturen führt. Es ist gut bekannt, daß solch ein übermäßiger Anstieg der Katalysatortemperatur nachteilige Wirkungen wie erniedrigte katalytische Aktivität und stärkeres Auftreten unerwünschter Nebenprodukte bei vielen Katalysatoren ausübt. Diese Probleme können leicht gelöst werden, indem an der stromaufwärts gelegenen Seite eine Reaktionskammer verwendet wird, die eine kleinere Querschnittsfläche, gesehen entlang einer Ebene senkrecht zu der Durchströmungsrichtung des Gases, und eine kür-

zere Länge aufweist, um so eine hohe Gasströmungsgeschwindigkeit in der Reaktionskammer aufrechtzuerhalten und die Reaktionsgeschwindigkeit und die Entwicklung von zu hoher Reaktionswärme zu steuern; und indem ein Gas, das von der Reaktionskammer abgelassen wird, durch irgendeines der oben beschriebenen Kühlmittel gekühlt wird. Wenn das Gas dann gezwungen wird, mit einer niedrigeren Strömungsgeschwindigkeit durch eine oder mehrere nachfolgende Reaktionskammern mit größerer Querschnittsfläche zu strömen, wenn die Konzentration des Reaktionsproduktes in dem Gas höher wird, kann das Reaktionsprodukt auf genau die gleiche Weise wie in einem herkömmlichen zylindrischen Reaktor erhalten werden. Zur gleichen Zeit ist es möglich, die zusätzliche Wirkung zu erhalten, daß die Lebensdauer des Katalysators verlängert werden kann oder das Auftreten von Nebenprodukten verringert werden kann. Wenn gewünscht wird, die oben beschriebenen Wirkungen in einem herkömmlichen zylindrischen Reaktor zu erzielen, ist es unerlässlich, das Innenvolumen des Reaktors zu vergrößern.

Der zweite Vorteil, der durch das nacheinanderfolgende Hindurchleiten eines Gases durch Reaktionskammern gemäß dieser Erfindung erzielt werden kann, betrifft den oben beschriebenen zweiten baulichen Vorteil dieser Erfindung. Es ist nämlich relativ leicht, ein Hochtemperaturgas, das einmal durch ein Bett aus einem Katalysator geströmt ist, mittels eines Rohres aus dem druckbeständigen Außenmantel abzuziehen und dann das Gas wieder in den druckbeständigen Außenmantel von einer anderen Stelle auf der Oberfläche des druckbeständigen Außenmantels aus einzuführen. Dieser Vorteil ist insbesondere dann von Wert, wenn das Zuführungsgas Spuren Mengen einer Substanz enthält, die den Katalysator vergiftet. In diesem Falle ist es möglich, in dem kugelförmigen Reaktor eine Reaktionskammer vorzusehen, die vollständig isoliert von anderen Reaktionskammern ist. Diese zusätzliche Reaktionskammer wird als die am weitesten

stromaufwärtsseitig gelegene Reaktionskammer verwendet. Auf diese Weise absorbiert der in diese Reaktionskammer gepackte Katalysator das Katalysatorgift und seine Aktivität wird verschlechtert. All die anderen Katalysatoren in den weiter stromabwärtsseitig gelegenen Reaktionskammern werden jedoch gegen die vergiftende Substanz geschützt. Auf diese Weise kann die zusätzliche Reaktionskammer dazu verwendet werden, die mittlere Lebensdauer der gesamten Katalysatoren zu verlängern, ohne daß es notwendig ist, die Katalysatoren, die in die stromabwärts gelegenen Reaktionskammern gepackt sind, zu ersetzen, vorausgesetzt, daß der Katalysator in der am weitesten stromaufwärtsseitig gelegenen Reaktionskammer durch einen frischen Katalysator ersetzt wird. Darüber hinaus gestattet der zweite Vorteil, zwei oder mehr chemische Reaktionen, bei denen verschiedene Katalysatoren verwendet werden, in einem einzigen Reaktor aufeinanderfolgend durchzuführen. Ein spezifisches Beispiel, das dieses Merkmal erläutert, wird in der Beschreibung noch später beschrieben.

In dem kugelförmigen Reaktor gemäß der Erfindung kann ein Gas entweder in axialer Richtung oder in radialer Richtung durch seine Reaktionskammern geführt werden. Wenn das Gas in der axialen Richtung strömt, kann das Gas von dem oberen Teil zum Boden und von rechts nach links oder in entgegengesetzten Richtungen strömen gelassen werden. Wenn andererseits das Gas in radialer Richtung strömen gelassen wird, wird es von der Innenseite zur Außenseite oder umgekehrt geleitet. Darüber hinaus ist es noch möglich, den axialen Strom und den radialen Strom in Kombination, jeweils für verschiedene Reaktionskammern, wie es gewünscht wird, zu verwenden, z.B. indem das Gas in der axialen Richtung durch wenigstens eine von zwei oder mehr Reaktionskammern und in radialer Richtung durch die verbleibenden Reaktionskammern geleitet wird.

Wie oben beschrieben wurde, wird der Innenraum des kugelförmigen Reaktors gemäß der Erfindung für Reaktionskammern, als Gasdurchflußwege, als Raum zum Mischen eines Hochtemperaturgases mit einem Niedrigtemperatur-Zuführungsgas, als Installationsraum für eine Wärmeübergangsfläche zur Bewirkung des indirekten Wärmeaustausches und dergleichen ausgenutzt. Konstruktions- und Auslegeerfordernisse für diese eingebauten Einrichtungen können gemäß einer Vielzahl von Parametern variieren, einschließlich des Typs der Reaktion, die das Zuführungsgas durchläuft, der Reaktionsbedingungen wie Temperatur und Druck, Art des Katalysators, Zuführungsrate des Zuführungsgases und der Art des Abführens der Reaktionswärme. Auf diese Weise können zahllose Ausführungsformen durch Kombination dieser Erfordernisse und Parameter auf verschiedene Weise vorgeschlagen werden. Verschiedene Beispiele für diese Ausführungsformen werden nachfolgend spezieller unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Man sollte jedoch im Sinn behalten, daß der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht durch die folgenden Ausführungsbeispiele beschränkt ist, die nur als Beispiele angegeben werden.

In Figur 2 sind drei Reaktionskammern 31, 32, 33, die entweder interzylindrische oder zylindrische Gestalt besitzen und mit einem Katalysator bepackt sind, coaxial und vertikal angeordnet. Ein zylindrischer Vorsprung ist in einem oberen Teil des Reaktors vorgesehen, der einen Rohr- und -mantel-Wärmeaustauscher zum Vorerhitzen des Zuführungsgases umschließt. Der Reaktor ist ausgelegt, um eine exotherme Reaktion durchzuführen. Das Zuführungsgas, das nicht bis zu einem ausreichenden Ausmaß vorerhitzt worden ist, wird durch eine Leitung 1 und von dem untersten Teil eines druckbeständigen Außenmantels 3 in den Reaktor eingeleitet. Es strömt dann durch einen Raum 11, der mit der inneren

Oberfläche der kugelförmigen Wand des druckbeständigen Außenmantels 3 in Kontakt steht. Danach strömt das Zuführungsgas durch einen Raum, der mit der inneren Oberfläche des zylindrischen Vorsprungs an dem druckbeständigen Außenmantel 3 in Kontakt steht, und erreicht einen oberen Raum 12 eines Wärmeaustauschers 4. Aufgrund des Strömungsweges des Zuführungsgases wird der druckbeständige Außenmantel auf niedrigen Temperaturen gehalten. Das Zuführungsgas strömt dann durch eine Anzahl von Rohren in dem Wärmeaustauscher 4 und unterliegt indirektem Wärmeaustausch mit einer Reaktionsgasmischung mit einer hohen Temperatur, die die Reaktionskammer 33 verlassen hat. Nachdem das Zuführungsgas auf eine gewünschte Temperatur vorerhitzt worden ist, erreicht es dann einen Raum 13. Das Zuführungsgas strömt weiter durch den inneren Raum eines Rohres 14 und tritt in die Reaktionskammer 31 ein, wo ein Teil des Zuführungsgases eine chemische Reaktion durchläuft und die Temperatur der entstehenden Gasmischung wird aufgrund der Reaktionswärme erhöht. Die Reaktionskammer 31 besitzt eine interzylindrische Gestalt, wobei ihre Achse vertikal durch den Mittelpunkt des kugelförmigen Außenmantels verläuft. Die Gasmischung hoher Temperatur, die teilweise der Reaktion in der Reaktionskammer 31 unterworfen worden ist, tritt in einen Raum 15 ein und strömt durch einen interzylindrischen Raum, der im Anschluß an den Raum 15 zwischen den Reaktionskammern 31 und 32 ausgebildet ist. Während die Gasmischung hoher Temperatur durch die beiden Räume 15 und den interzylindrischen Raum, d.h. den Raum zwischen den zwei zylindrischen Kammern, strömt, wird sie mit Kühlrohren 63 in Kontakt gebracht, durch die ein Kühlmedium fließt, und auf eine vorherbestimmte Temperatur abgekühlt. Die so abgekühlte Gasmischung erreicht danach einen Raum 17. Dann tritt die Gasmischung in die Reaktionskammer 32 ein und die Reaktion des zugeführten Gases schreitet weiter fort, wodurch die Temperatur der entstehenden Gasmischung erhöht wird. Die Gasmischung er-

Rohre 52, 62 in den Reaktor eingeführt. Es tritt dann in die Kühlrohre 53, 63 ein und unterliegt dem Wärmeaustausch mit der Gasmischung, die von den Reaktionskammern 32, 31 abgelassen wird, während es durch die Rohre 53, 63 strömt, um dabei die Gasmischungen abzukühlen, und wird teilweise in eine Dampfphase oder eine gemischte Gas-Flüssigkeits-Phase verdampft. Danach strömt das Kühlmedium durch Rohre 54, 64 und tritt in eine Gas-Flüssigkeits-Trennanlage 70 ein, wo es in Dampf und Flüssigkeit getrennt wird. Der Dampf wird für bestimmte Zwecke ausgenutzt, während die Flüssigkeit zu den Verteilerköpfen 51, 61 durch Schwerkraft oder mittels einer Pumpe (die in der Zeichnung nicht dargestellt ist) zurückgeleitet wird.

In der vorstehenden Ausführungsform sind die Kühlrohre 53, 63 beide als spulenartige Wärmeübergangsflächen dargestellt. Sie können jeweils eine Spule sein, die entweder aus einem einzigen Rohr oder aus zwei oder mehr Rohren gebildet ist. Diese Kühlrohre 53 oder 63 können entweder in einem einzigen Kreis oder in zwei oder mehr Kreisen angeordnet sein. Wichtig ist hierbei nur, daß eine Wärmeübergangsfläche entsteht, wie sie entsprechend jeweils der Wärmemenge erforderlich ist, die beim Wärmeaustausch auftritt. Außer dem Ausbilden der Kühlrohre als Spule können sie auch durch Anordnen einer Anzahl im wesentlichen vertikaler Rohre in konzentrischen Kreisen ausgebildet sein, wie es noch später in der Beschreibung beschrieben wird.

Figur 3 zeigt einen kugelförmigen Reaktor, der mit einer Reaktionskammer versehen ist, die einem Kegelstumpf ähnelt, und einer anderen Reaktionskammer, die einem hohlen oder doppelwandigen Kegelstumpf ähnelt (hier im folgenden als "inter-kegelstumpfförmige" Form bezeichnet), und der für die Durchführung einer exothermen Reaktion ausgelegt ist.

Die Reaktionsgasmischungen werden dadurch abgekühlt, daß ein Zustromgas tiefer Temperatur in beide Reaktionskammern zugegeben wird. Es soll bemerkt werden, daß die Zeichnung in Figur 3 vereinfacht worden ist, um die Anordnung der Reaktionskammern und ihrer Konfigurationen zu veranschaulichen. In Figur 3 bezeichnet das Bezugszeichen 31 eine inter-kegelförmige Reaktionskammer mit einer vertikalen Mittelachse, die durch den Mittelpunkt des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels 3 hindurchgeht. Die inter-kegelförmige Reaktionskammer 31 ist mit einem Katalysatorbett bepackt. Andererseits bezeichnet das Bezugszeichen 32 eine Reaktionskammer, die einem Kegelstumpf ähnelt und eine vertikale Achse besitzt, die durch den Mittelpunkt des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels 3 hindurchgeht. In dieser Ausführungsform tritt das zugeführte Gas, das auf die Arbeitstemperatur des Katalysators vorerhitzt worden ist, durch eine Einlaßleitung 1 für das zugeführte Gas, die sich in einem oberen Teil des Reaktors befindet, in den Reaktor ein. Es strömt dann durch zwei oder mehr Gasdurchflußwege 11, die in radialer Richtung vorgesehen sind, und erreicht einen toroidalen oder ringförmigen Raum 12. Es tritt dann in die Reaktionskammer 31 ein. Aufgrund des Kontaktes des zugeführten Gases mit dem Katalysator in der Reaktionskammer schreitet die Reaktion teilweise fort und die Gastemperatur erhöht sich. Innerhalb der Reaktionskammer 31 ist ein Kühlsystem vorgesehen, das aus einem Gasverteiler 80 aufgebaut ist, der über ein Rohr 71 mit der Außenseite des Reaktors in Verbindung steht und so ausgelegt ist, daß er das Zustromgas niedriger Temperatur gleichmäßig in einer gewünschten horizontalen Ebene innerhalb der Reaktionskammer verströmt und zuführt. Aufgrund der Versorgung mit einer gewünschten Menge des Zustromgases niedriger Temperatur mittels des Gaskühlsystems wird verhindert, daß die Gas- und Katalysatortemperaturen übermäßig hoch werden, und die Re-

aktion wird weiter fortschreiten gelassen. Auf diese Weise wird die Reaktionsgasmischung wieder erhitzt und wird von der Reaktionskammer 31 in einen Raum 13 abgelassen, wo die Reaktionsgasmischung mit einem frischen Zustrom des Zustromgases niedriger Temperatur durch ein anderes Gaskühlsystem versorgt wird, das aus einem sich zur Außenseite des Reaktors erstreckenden Rohr 72 und einem Gasverteiler 80 gebildet wird, der mit dem Rohr 72 in Verbindung steht. Nachdem die entstehende Gasmischung mit dem frisch zugeführten Zustromgas gemischt worden ist, ist es auf eine vorgegebene Temperatur abgekühlt worden. Danach strömt die so abgekühlte Gasmischung durch einen Raum 14, der zwischen den Reaktionskammern 31 und 32 ausgebildet ist, und tritt durch einen Raum 15 in die Reaktionskammer 32 ein, wo die Reaktion weiter fortschreitet. Als Folge des Fortschreitens der Reaktion in der Reaktionskammer 32 wird dann die Reaktionsgasmischung weiter erhitzt. Ähnlich wie in der Reaktionskammer 31 wird die so erhitzte Reaktionsgasmischung zweimal mit frischen Versorgungsströmen aus Zustromgas niedriger Temperatur gemischt, das jeweils von zwei Gasverteilern 80 zugeführt wird, die jeweils mit Rohren 73, 74 in Verbindung stehen. Die Reaktionsgasmischung ist so abgekühlt worden, und die Reaktion ist auf diese Weise fertiggestellt. Die entstehende Reaktionsgasmischung strömt durch einen Raum 16 und einen Reaktionsgasauslaß 2 zur Außenseite des Reaktors. Es ist möglich, Wärme von der Reaktionsgasmischung, die aus dem Reaktor ausströmt, beispielsweise durch einen Abhitzekessel zurückzugewinnen. Dieser Teil ist jedoch nicht in der Zeichnung dargestellt. Da die zusätzliche Zuführung von Zustromgas niedriger Temperatur zum Kühlen der Reaktionsgasmischung jeweils in den Reaktionskammern und in einem Raum zwischen den beiden Reaktionskammern in dieser Ausführungsform durchgeführt wird, besteht die Neigung, daß mehr Gas strömt, wenn die Reaktionskammern

näher dem stromabwärts gelegenen Ende liegen. Indem jedoch Reaktionskammern verwendet werden, die einem Kegelstumpf oder einer inter-kegelförmigen Form ähneln, und das Gas in einer Richtung von dem oberen Teil der einzelnen Kammer in Richtung auf ihren Boden strömen gelassen wird, wächst die Querschnittsfläche des Gasdurchflußweges an, wenn das Gas nach unten strömt. Dies verhindert, daß die Durchströmgeschwindigkeit des Gases in der Reaktionskammer schneller wird und macht den Druckverlust, der aufgrund des Durchgangs des Gases auftritt, relativ klein, wodurch die Senkung der Umwandlungsrate aufgrund eines Anstiegs der Volumengeschwindigkeit (englisch: space velocity) vermieden wird.

In ähnlicher Weise kann die Querschnittsfläche des Gasdurchflußweges vergrößert werden, wenn die Reaktionskammern näher dem stromabwärts gelegenen Ende zu liegen kommen. Dies ist wirksam, um die Durchströmgeschwindigkeit des Gases zu senken und so weitere Wirkungen zu erzielen, die auf verringerten Druckverlust zurückzuführen sind. Zusätzlich kann die Volumengeschwindigkeit auf einem geeigneten Niveau gehalten werden, indem die gepackte Menge des Katalysators erhöht wird, wenn die Reaktionskammern näher an das stromabwärts gelegene Ende zu liegen kommen.

In Figur 4 ist eine zylindrische Reaktionskammer 31 und eine andere Reaktionskammer 32 zum Durchführen einer exothermen Reaktion gezeigt. Die Reaktionskammer 32 wird durch einen toroidalen oder ringförmigen Raum gebildet, der durch die Umfangswand der ersteren Reaktionskammer 31 und die kugelförmige Wand des druckbeständigen Außenmantels 3 begrenzt wird. Die Reaktionskammern 31, 32 besitzen die gleiche Mittelachse. Das Gas wird in ähnlicher Weise wie bei dem in Figur 3 gezeigten Reaktor durch Zuführen eines Zustromgases niedriger Temperatur gekühlt. Jedoch

wird die Vorerhitzung des Zuführungsgases und die Kühlung einer Reaktionsgasmischung, die noch nicht vollständig die Reaktion durchlaufen hat, in einem Mantel- und -röhren-Wärmeaustauscher 4, der in einem oberen Teil des kugelförmigen Außenmantels 3 vorgesehen ist, durchgeführt, indem beide Gase dem indirekten Wärmeaustausch unterworfen werden. In der Zeichnung ist die Darstellung vereinfacht, um die Anordnung der Reaktionskammern und ihre Konfigurationen zu zeigen. In Figur 4 bezeichnet das Bezugszeichen 31 die zylindrische Reaktionskammer, die eine vertikale Mittelachse besitzt, die durch den Mittelpunkt des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels 3 hindurchgeht. Andererseits bezeichnet das Bezugszeichen 32 die toroidale Reaktionskammer, die eine vertikale Mittelachse besitzt, die ebenfalls durch den Mittelpunkt des druckbeständigen Außenmantels 3 hindurchgeht, und durch die kugelförmige Wand des Außenmantels 3 und einen Teil der Außenseite der Wand der Reaktionskammer 31 gebildet ist. In diesem Ausführungsbeispiel tritt das Zuführungsgas, das noch nicht auf ein ausreichendes Niveau vorerhitzt worden ist, durch ein Rohr 1 ein, strömt durch einen Raum 11, der in einem oberen Teil des Wärmeaustauschers 4 ausgebildet ist, und strömt durch eine Anzahl von Röhren des Wärmeaustauschers 4. Hier wird das Zuführungsgas dem indirekten Wärmeaustausch mit einer Reaktionsgasmischung mit hoher Temperatur unterworfen, die von der Reaktionskammer 31 abgelassen worden ist, und auf eine gewünschte Temperatur vorerhitzt. Dann tritt das so vorerhitzte Zuführungsgas in einen Raum 12 ein und dann in die Reaktionskammer 31, wo es mit einem Katalysator in Kontakt gebracht wird und wo seine Umsetzung bis zu einem bestimmten Ausmaß fortschreitet. Auf diese Weise wird die Temperatur der entstehenden Gasmischung erhöht. In der Reaktionskammer 31 ist ein Gaskühlsystem vorgesehen, das aus einem Gasverteiler 80 gebildet wird, der mit der Außenseite des Reaktors durch ein Rohr 71

in Verbindung steht und so ausgelegt ist, daß er frisch zugeführtes Zustromgas niedriger Temperatur gleichmäßig in einer vorgegebenen horizontalen Ebene innerhalb der Reaktionskammer verteilt. Aufgrund des Vorsehens des Gaskühlsystems wird verhindert, daß die Temperaturen der Reaktionsgasmischung und des Katalysators übermäßig hoch werden, indem eine gewünschte Menge Zustromgas niedriger Temperatur hinzugegeben wird. Auf diese Weise kann die Reaktion weiter fortschreiten, und die entstehende Reaktionsgasmischung wird wieder erhitzt. Die so erhitzte Reaktionsgasmischung wird zweimal mit frisch zugeführten Strömen aus Zustromgas niedriger Temperatur gemischt, das durch zwei Verteiler 80 eingebracht wird, die jeweils mit Rohren 72, 73 in Verbindung stehen, und wird so gekühlt. Die so abgekühlte Reaktionsgasmischung verläßt danach die Reaktionskammer 31, strömt durch die Räume 13, 14 und tritt in die Mantelseite des Wärmeaustauschers 4 durch eine Öffnung 15 ein. Hier dient die Reaktionsgasmischung dazu, das zugeführte ^{Gas} vorzuerhitzen, und ihre Temperatur senkt sich entsprechend auf ein vorherbestimmtes Niveau. Die so gekühlte Reaktionsgasmischung strömt weiter durch Räume 16, 17, 18 und tritt in die Reaktionskammer 32 ein. Ihre Reaktion schreitet in der Reaktionskammer 32 weiter fort, und die entstehende Reaktionsgasmischung strömt durch einen Raum 19 und einen Auslaß 2 aus dem Reaktor aus. In Figur 4 ist die Querschnittsfläche des Gasdurchflußweges in der Reaktionskammer 31 gleich der in der Reaktionskammer 32. Bei dem in Figur 4 dargestellten Aufbau ist es jedoch möglich, jede Reaktionskammer als Kegelstumpf auszubilden, wie es in Figur 3 gezeigt ist, oder den Reaktionskammern eine mehrstufige zylindrische Form zu verleihen, um so die Querschnittsfläche des Gasdurchflußweges zu ändern, um dadurch den Druckverlust zu verringern und die Reaktionsbedingungen in geeigneter Weise zu steuern.

Figur 5 zeigt noch ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem das Gas in radialer Richtung durch eine interzylindrische (d.h. zwischen Zylindern ausgebildete) Reaktionskammer 31 und eine andere interzylindrische Reaktionskammer 32, die innerhalb der Reaktionskammer 31 vorgesehen ist, strömen gelassen wird, um es so einer exothermen Reaktion zu unterwerfen. Innerhalb der interzylindrischen Reaktionskammer 32 ist eine Vielzahl von Kühlrohren 53 vertikal in einem oder mehreren konzentrischen Kreisen angeordnet, durch die ein Kühlmedium hindurchströmen kann. Das Zuführungsgas, das noch nicht vorerhitzt ist, tritt durch einen Gaseinlaß 1, der in einem unteren Teil des Reaktors vorgesehen ist, in den Reaktor ein. Es strömt dann durch einen Raum 11, der entlang der inneren Oberfläche des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels 3 ausgebildet ist. Danach tritt es in einen oberen Raumabschnitt 12 eines Mantel- und -röhren-Wärmeaustauschers 4 ein, der in dem zentralen Raum der Reaktionskammer 32 vorgesehen ist. Das Zuführungsgas strömt durch eine Vielzahl von Röhren des Wärmeaustauschers 4. Dort wird es dem Wärmeaustausch mit einer Reaktionsgasmischung mit hoher Temperatur unterworfen, die die Reaktion beendet hat, wodurch es auf eine vorherbestimmte Temperatur vorerhitzt wird. Danach tritt das so vorerhitzte Zuführungsgas in einen niedriger gelegenen Raumabschnitt 13 des Wärmeaustauschers 4 ein. Das so vorerhitzte Zuführungsgas tritt dann in einen am Umfang gelegenen Verteilerraum 15 durch den Raum 14 innerhalb radial angeordneter Verbindungsrohre ein, von wo es in im wesentlichen horizontaler und radialer Richtung durch das Innere der Reaktionskammer 31 strömt, mit anderen Worten von dem äußeren Umfangsteil der interzylindrischen Reaktionskammer 31 in Richtung auf deren Mittelachse, die sich durch den Mittelpunkt des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels erstreckt. Da das

zugeführte Gas mit dem Katalysator in der Reaktionskammer 31 in Kontakt gebracht wird, wird eine exotherme Reaktion in Gang gesetzt und die entstehende Gasmischung wird erhitzt. Ähnlich wie bei dem Ausführungsbeispiel, das in Figur 3 dargestellt ist, wird ein frischer Versorgungsstrom aus Zustromgas niedriger Temperatur durch ein Rohr 71 von der Außenseite des Reaktors eingeführt und durch einen Gasverteiler 80 gleichmäßig in einer zylindrischen Ebene koaxial zur Reaktionskammer 31 verteilt, um dadurch zu verhindern, daß die reagierende Gasmischung zu heiß wird. Die Reaktionsgasmischung strömt dann aus der Reaktionskammer 31 aus und strömt in einen interzylindrischen Verteilerraum 16, der zwischen der Reaktionskammer 31 und der interzylindrischen Reaktionskammer 32, die innerhalb der Reaktionskammer 31 angeordnet ist, vorgesehen ist. Nachdem die Reaktionsgasmischung eine Weile in dem Verteilerraum 16 gehalten worden ist, strömt sie in die interzylindrische Reaktionskammer 32 in im wesentlichen horizontaler und radialer Richtung, d.h. in Richtung auf die Mittelachse des Reaktors zu. Die Reaktionskammer 32 ist in vertikaler Richtung länger als die Reaktionskammer 31. Die Reaktion wird wieder weiter fortgesetzt. Wie oben erwähnt wurde, ist die Reaktionskammer 32 mit einer Vielzahl von Kühlrohren 53 versehen, die in konzentrischen Kreisen angeordnet sind. Durch das Kühlmedium, das durch die Kühlrohre 53 strömt, wird die in der Reaktionskammer 32 entwickelte Reaktionswärme in geeigneter Weise abgeführt, wodurch erfolgreich verhindert wird, daß die Innentemperatur der Reaktionskammer 32 zu hoch wird. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Reaktionskammer 32 mit dem oben beschriebenen Kühlsystem ausgestattet. Dies wird deshalb bevorzugt, weil solch ein Kühlsystem in der Lage ist, eine sehr hohe Kühlwirkung zu entfalten, wenn ein Kühlmedium, das z.B. einen gewünschten Siedepunkt bei einem

geeigneten Druck besitzt, durch die Kühlrohre 53 strömen gelassen wird, während es siedet. Weiterhin ist es durch Steuern der Dichte der Anordnung dieser Kühlrohre in der Reaktionskammer 32 auch möglich, die Temperaturverteilungen in dem Katalysatorbett und den Gasstrom entlang der Strömungsrichtung des Gases durch die Reaktionskammer 32 (nämlich in radialer Richtung) in Übereinstimmung mit den gewünschten Temperaturverteilungen zu bringen, die vorher eingestellt worden sind. Es ist wichtig, die Gastemperaturverteilung entlang der Strömungsrichtung des Gases in einem Katalysatorbett in geeigneter Weise vorzuwählen, um zu verhindern, daß die Konzentration und die Ausbeute des Reaktionsproduktes aufgrund einer erniedrigten erreichbaren oberen Grenze der Reaktion gesenkt werden, was durch häufig bei exothermen Reaktionen beobachtete chemische Gleichgewichtsphänomene verursacht wird, wenn Gastemperaturen erhöht werden, oder um eine vorgegebene Menge eines Reaktionsproduktes zu erhalten, während die Menge des dafür erforderlichen Katalysators minimalisiert wird. Die Reaktionsgasmischung, die radial durch die Reaktionskammer 32 nach Beendigung ihrer Reaktion geströmt ist und noch heiß ist, strömt in einen interzylindrischen Raum 17 zwischen dem Wärmeaustauscher 4 und der Reaktionskammer 32 aus. Danach strömt sie in die Mantelseite des Wärmeaustauschers 4 von einem unteren Teil desselben und dient, wie oben beschrieben, zur Vorerhitzung des zugeführten Gases. Dann strömt sie durch den Gasauslaß 2 aus dem Reaktor aus.

Andererseits wird das Kühlmedium mit einem gewünschten Druck als eine Flüssigkeit an ihrem Siedepunkt von der Außenseite des Reaktors mittels eines Rohres 51 in den Reaktor eingeführt. Danach wird es in eine Vielzahl von Kühlrohre 53 durch einen oder mehr toroidale oder ringförmige

mige Verteilerköpfe 52, die mit dem Rohr 51 in Verbindung stehen, verteilt. Es strömt dann als aufsteigende Ströme durch die Kühlrohre 53, während es siedet, und sammelt sich in einem oder mehreren toroidalen und ringförmigen Sammelrohren 54. Es strömt dann durch ein Rohr 55 in eine Gas-Flüssigkeits-Trennanlage 70, die außerhalb des Reaktors vorgesehen ist. In der Gas-Flüssigkeits-Trennanlage 70 wird das Kühlmedium in Flüssigkeit und Dampf getrennt. Der Dampf wird durch ein Rohr 56 für einen vorgegebenen Zweck abgeleitet, während die Flüssigkeit, ohne gekühlt zu werden, zu dem Rohr 51 aufgrund ihrer Schwerkraft oder mittels einer Pumpe zurückgeführt wird. Dieser Teil ist nicht in der Zeichnung dargestellt. Bei dem dargestellten Reaktor sind die Gewichte der Reaktionskammern mittels Spannschlössern 91, die an oberen Teilen des Reaktors vorgesehen sind, aufgehängt. Dieser Aufbau ist im Hinblick auf thermische Spannungen und Beanspruchungen vorteilhafter im Vergleich zu einer Unterstützung und Halterung dieser Reaktionskammern an ihrem Boden.

Figur 6 zeigt noch eine weitere Ausführungsform der Erfindung, bei der außerhalb des Reaktors installierte Wärmeaustauscher verwendet werden. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Reaktor mit zwei interzylindrischen Reaktionskammern 31, 32 und einer zylindrischen Reaktionskammer 33 ausgestattet, die alle eine gemeinsame Achse besitzen, die sich entlang einer Linie erstreckt, die durch den Mittelpunkt des Reaktors verläuft. Die Reaktionskammern 31, 32, 33 sind jeweils in zwei gleiche Hälften unterteilt, die jeweils durch eine Ebene, die sich durch den Mittelpunkt des kugelförmigen Reaktors erstreckt und rechtwinklig zu der oben beschriebenen gemeinsamen Achse verläuft, in zwei Halbräume oder Hemisphären abgeteilt werden. Die so unterteilten unabhängigen Reaktionskammern werden jeweils entsprechend mit den Bezugszeichen 31a und 31b; 32a und 32b bzw. 33a und 33b

bezeichnet. Toroidale Räume 13 und 17 sind jeweils als Gasdurchflußwege zwischen den Reaktionskammern 31a und 31b und zwischen den Reaktionskammern 32a und 32b ausgebildet. Andererseits befindet sich ein scheibenförmiger Raum 20 zwischen den Reaktionskammern 33a und 33b. Ein

vorerrhitztes Zuführungsgas wird durch den Einlaß 1 eines doppelwandigen Rohres in den Reaktor eingeführt und tritt zuerst in den Raum 11 ein. Von diesem Raum 11 aus wird der Strom des zugeführten Gases in etwa zwei gleiche Anteile unterteilt. Einer der Ströme, nämlich der Strom a, strömt durch einen Spalt, der zwischen der Reaktionskammer 31a und der inneren Oberfläche des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels ausgebildet ist und wie es durch den Pfeil angegeben ist, und strömt durch einen toroidalen Raum 12a in die Reaktionskammer 31a. Der andere Strom b strömt durch einen Spalt, der zwischen der Reaktionskammer 31b und der inneren Oberfläche des kugelförmigen und druckbeständigen Außenmantels ausgebildet ist, wie es durch den Pfeil angedeutet ist und strömt dann durch einen toroidalen Raum 12b in die Reaktionskammer 31b. Das zugeführte Gas, das in die Reaktionskammern 31a und 31b eingetreten ist, wird in den beiden Reaktionskammern zur chemischen Reaktion gebracht. Die entstehenden Reaktionsgasgemischungen, die sich erhitzt haben, wenn die Reaktion eine exotherme Reaktion ist, oder die sich abgekühlt haben, wenn die Reaktion eine endotherme Reaktion ist, werden dann vermischt und in den Raum 13 strömen gelassen. Die so vermischte Reaktionsgasgemischung strömt durch den Raum 14 und strömt in einen indirekten Wärmeaustauscher 8, der außerhalb des Reaktors vorgesehen ist. Ihre Temperatur wird dann durch einen Wärmeaustausch eingestellt, der zwischen der Reaktionsgasgemischung und einem Fluid mit einer gewünschten Temperatur stattfindet, wobei dieses Fluid durch ein Rohr 81a einströmt und durch ein Rohr 81b ausströmt. Die Reaktionsgasgemischung wird entsprechend ge-

kühlt, wenn ihre Temperatur nach der Durchmischung in dem Raum 13 in einem übermäßigen Maß höher als eine geeignete Temperatur für ein Katalysatorbett ist, das direkt nach dem Wärmeaustauscher 8 angeordnet ist. Im Gegensatz dazu wird die Mischung auf eine gewünschte Temperatur erhitzt, wenn ihre Temperatur übermäßig niedrig ist. Der entstehende Strom der Reaktionsgasmischung, deren Temperatur eingestellt worden ist, wird wieder in etwa zwei gleiche Hälften unterteilt. Der eine dieser Ströme, und zwar der Strom a, strömt durch ein Rohr 15a und strömt durch einen toroidalen Raum 16a in die Reaktionskammer 32a, während der andere Strom b durch ein Rohr 15b strömt und durch einen toroidalen Raum 16b in die Reaktionskammer 32b fließt. Die chemische Reaktion wird wieder in den beiden Reaktionskammern 32a und 32b in Gang gesetzt. Die Temperatur der Reaktionsgasmischung steigt an, wenn die Reaktion eine exotherme Reaktion ist, fällt jedoch, wenn die Reaktion eine endotherme Reaktion ist. Nachdem die entstandenen Reaktionsgasmischungen durch die Reaktionskammern 32a und 32b in den toroidalen Raum 17 geströmt sind, werden sie miteinander kombiniert. Die so gemischte Reaktionsgasmischung strömt durch einen Raum 18 in einen anderen Wärmeaustauscher 9. In dem Wärmeaustauscher 9 wird die Temperatur der Reaktionsgasmischung auf die gleiche Weise, wie es bereits beschrieben wurde, eingestellt, und dann wird sie in etwa zwei gleiche Hälften unterteilt, die jeweils entsprechend durch Rohre 19a und 19b in die Reaktionskammern 33a und 33b einströmen. Die Reaktionsgasmischungen, die jeweils in die Reaktionskammern 33a und 33b geströmt sind, unterliegen wieder einer chemischen Reaktion, wobei sich ihre Temperaturen ändern. Nach Fertigstellung der chemischen Reaktion werden sie wieder in dem Raum 20 gemischt und dann durch einen Auslaß 2 für die Reaktionsgasmischung von dem Reaktor abgelassen. Dieser Auslaß 2

führt durch den druckbeständigen Außenmantel 3 in einer Richtung, die rechtwinklig zur Zeichenebene verläuft. Das Gas, das aus dem Reaktor durch den Auslaß 2 ausgeströmt ist, ist noch heiß, und es kann Wärme von dem so abgelassenen Gas zurückgewonnen werden. Jedoch ist dieser Teil nicht mehr in der Zeichnung dargestellt. In der dargestellten Ausführungsform wird der Druckverlust dadurch verringert, daß die interzylindrischen Reaktionskammern und die zylindrische Reaktionskammer jeweils in zwei Hälften unterteilt sind und dieselben parallel geschaltet verwendet werden. Aufgrund dieses Aufbaues kann der druckbeständige Außenmantel auf relativ niedrigeren Temperaturen gehalten werden, wenn er für eine exotherme Reaktion verwendet wird.

In der beschriebenen Ausführungsform verläuft die Mittelachse, die allen Reaktionskammern gemeinsam ist, senkrecht. Der Reaktor kann jedoch, ohne daß irgendwelche Probleme oder Schwierigkeiten auftreten, auch dann eingesetzt werden, wenn diese gemeinsame Achse horizontal oder schräg verläuft, so lange nur gewährleistet ist, daß die Stellung jeder gasdurchlässigen Katalysatorhalterung in geeigneter Weise eingestellt und befestigt ist. Die chemische Reaktion kann entweder exotherm oder endotherm sein, wie es bereits beschrieben wurde. Weiterhin kann der gleiche Katalysatortyp als Katalysatoren für die Packungen in den Reaktionskammern 31, 32 und 33 verwendet werden, um die gleiche chemische Reaktion in jeder einzelnen Reaktionskammer durchzuführen. Es ist jedoch auch möglich, zur Durchführung der gleichen chemischen Reaktion in jeder der Reaktionskammern verschiedene Katalysatoren zu verwenden, die so ausgelegt sind, daß sie die gleiche chemische Reaktion einleiten, jedoch verschiedene Temperaturcharakteristiken, optimale

Volumengeschwindigkeit und dergleichen besitzen. Es ist auch möglich, drei verschiedene chemische Reaktionen durchzuführen, die erforderlich sind, um zweistufige oder dreistufige chemische Reaktionen unter Verwendung von zwei oder drei Reaktoren, wenn man auf herkömmliche Reaktoren angewiesen ist, durchzuführen, und zwar im wesentlichen als einstufige Reaktion, wie es beschrieben wurde, in dem verschiedene Katalysatoren in die Reaktionskammern 31, 32, 33 gepackt werden, um die verschiedenen chemischen Reaktionen darin in Gang zu setzen, und das Zuführungsgas und die Reaktionsgasmischungen, deren Temperaturen auf für die verschiedenen Katalysatoren entsprechend geeignete Temperaturen eingestellt worden sind, nacheinander durch die Betten mit den verschiedenen Katalysatoren strömen gelassen werden. Die verschiedenen chemischen Reaktionen können eine oder mehr exotherme Reaktionen und endotherme Reaktionen in Kombination umfassen. Beim Durchführen derartiger verschiedener chemischer Reaktionen ist es zu bevorzugen, ein wärmeisolierendes Material für jede Trennwand zu verwenden, die sich jeweils zwischen zwei benachbarten Reaktionskammern befindet, wenn die Temperatur einer Reaktionskammer beträchtlich verschieden von der der anderen Reaktionskammer ist. Darüber hinaus ist es auch möglich, in der Reaktionskammer 33 eine chemische Reaktion durchzuführen, die verschieden von derjenigen, die in den zwei anderen Reaktionskammern durchgeführt wird, ist, wenn es gewünscht wird, indem zusätzlich durch eine zusätzliche Gaszuführungsöffnung 10 ein anderes Zuführungsgas eingeführt wird, das von dem durch den Gas-einlaß 1 zugeführten Zuführungsgas verschieden ist. Weiterhin kann es auch möglich sein, zwischen den Raum 18 und den Wärmeaustauscher 9 Mittel zum Trennen und Abführen eines bestimmten Reaktionsproduktes von der Mischung, die in den Reaktionskammern 31, 32 entstanden ist, zwischenzuschalten.

Als Beispiel zum Durchführen derartiger verschiedener chemischer Reaktionen kann das Synthetisieren von Methanol aus Wasserstoffgas und Kohlenoxid und nachfolgendes synthetisches Erhalten von Kohlenwasserstoffen aus dem so synthetisierten Methanol angeführt werden. Hierbei wird ein Zuführungsgas mit hohem Druck, das reich an Wasserstoffgas und Kohlenoxid ist, durch den Zuführungsgaseinlaß 1 zugeführt. Unter Verwendung eines bekannten Methanol-Synthesekatalysators (z.B. einer, der Chrom, Kupfer, Zink und/oder dergleichen enthält) in den beiden Reaktionskammern 31 und 32 wird das Zuführungsgas bei dem Druck von 100 kg/cm^2 (etwa 100 bar) und einer Temperatur von etwa 300°C in eine Gasmischung umgewandelt, die aus Methanol, Wasserstoffgas und dem Kohlenoxid besteht. Durch Veranlassen, daß die so erhaltene Gasmischung ohne Abtrennung von Methanol von den nicht umgesetzten Ausgangsmaterialien, jedoch nach Einstellen ihrer Temperatur auf 350°C oder ähnliche Temperaturen durch den Wärmeaustauscher 9 in die Reaktionskammer 33 eingebracht wird, die einen Zeolitkatalysator enthält, kann Methanol in Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden. Nicht umgesetztes Kohlenwasserstoffgas und Kohlenoxid werden nach Abtrennung von Methanol und Kohlenwasserstoffen aus der Reaktionsgasmischung zu dem Zuführungsgaseinlaß 1 zurückgeführt, während Methanol, das nicht in Kohlenwasserstoffe umgewandelt worden ist, zu der Zuführungsöffnung 10 für zusätzliches Ausgangsmaterial zurückgeführt wird und dann in die Reaktionskammer 33 als Dampf oder Flüssigkeit nach seiner Trennung von Kohlenwasserstoffen wieder eingeführt wird.

Wie bereits schon erwähnt wurde, kann mit dem Reaktor gemäß der Erfindung und der Art des Verfahrens bei seinem Einsatz eine Reihe von Vorteilen erzielt werden. Zusammengefaßt bezieht sich der erste Vorteil auf den Reaktor selbst. Durch die vorliegende Erfindung wird es nämlich

möglich, die Wandstärke des druckbeständigen Außenmantels des Reaktors zu verringern und dementsprechend das Gewicht des Reaktors zu senken, während trotzdem dieselbe Menge an Katalysator in den Reaktor gepackt werden kann. Aufgrund dieses Vorteils ist es möglich, Stahlmaterial für die Herstellung eines Reaktors einzusparen und den Reaktor somit zu niedrigeren Kosten herzustellen. Darüber hinaus ist es auch möglich, das Fundament, die Halte- und Trägervorrichtungen, das Leitungssystem und dergleichen, die für die Installation des erfindungsgemäßen Reaktors notwendig sind, kleiner oder kürzer zu machen. Demzufolge können die Gesamtkonstruktionskosten für den Reaktor gesenkt werden. Dieser Vorteil wird merklich insbesondere dann, wenn der Reaktor ein Hochdruckreaktor mit großer Kapazität ist. Der zweite Vorteil der Erfindung bezieht sich auf das Verfahren zur Durchführung einer Reaktion in dem Reaktor. Da der Reaktor gemäß der Erfindung mit zwei oder mehr der vorstehend im einzelnen beschriebenen Reaktionskammern ausgestattet ist, die von zylindrischer, interzylindrischer, kegelstumpfförmiger oder inter-kegelstumpfförmiger Gestalt sind und verschiedene Querschnittsflächen im rechten Winkel zu der Durchströmrichtung eines Gases aufweisen und auch die Menge des in sie gepackten Katalysators verschieden ist, können diese Reaktionskammern mit verschiedenen Konfigurationen in geeigneter Weise nach Bedarf gemäß der Art der chemischen Reaktionen, die in ihnen ablaufen, und der Eigenschaften der in sie gepackten Katalysatoren ausgelegt werden. Wenn nämlich eine einzige chemische Reaktion mit der gleichen Volumengeschwindigkeit (insbesondere in einem großen Reaktor) durchgeführt wird, muß ein zylindrischer Reaktor sehr dünn und sehr lang sein. Wenn ein Gas in axialer Richtung des Zylinders hindurchströmt, kann das Kanalbildungsphänomen des Gases in dem Katalysatorbett minimalisiert werden. Dies führt jedoch zu sehr

hohen Strömungsgeschwindigkeiten, die wiederum zu einem erhöhten Druckverlust führen. Wenn im Gegensatz dazu das Gas in radialer Richtung im Hinblick auf eine Verkleinerung des Druckverlustes strömen gelassen wird, wird die Strömungsgeschwindigkeit entlang der langen Achse des zylindrischen Reaktors ungleichmäßig. Wenn jedoch wie bei der vorliegenden Erfindung ein kugelförmiger Reaktor verwendet wird, ist jede seiner inneren Reaktionskammern in einer Gestalt ausgeformt, daß sie ein kleines Durchmesser-Zu-Höhe-Verhältnis besitzt, mit anderen Worten sie ist dick und kurz. Deshalb entwickelt sich bei dem Reaktor gemäß der Erfindung nicht das Kanalbildungsproblem und der Reaktor kann mit einem kleinen Druckverlust arbeiten.

Dieser Vorteil kann auch eine günstige Wirkung in Bezug auf die Verlängerung der Lebensdauer eines Katalysators mitsichbringen. Die verlängerte Lebensdauer eines Katalysators wird aus zwei Gründen, die im Prinzip verschieden sind, abgeleitet. Der erste Grund kann z.B. unter Bezugnahme auf eine Reaktion erklärt werden, die von der Erzeugung einer großen Wärmemenge begleitet ist, wie z.B. die Synthese von Methanol aus Wasserstoffgas und Kohlenoxid. In Reaktionen der vorstehenden Art tritt, wenn ein Gas jeweils durch die Katalysatorbetten mit einer gleichmäßigen Strömungsgeschwindigkeit, die die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der für all die Katalysatoren jeweils geeigneten Strömungsgeschwindigkeiten ist, strömen gelassen wird, im allgemeinen eine heftige exotherme Reaktion an dem Katalysator auf, mit dem das zugeführte Gas zuerst in Kontakt gebracht wird, da die Konzentration eines Reaktionsproduktes dort noch niedrig ist. Solch eine heftige exotherme Reaktion macht den Katalysator übermäßig heiß, wodurch sich ein thermischer Abbau in Bezug auf die Aktivität des Katalysators ent-

wickelt. Dieses Phänomen kann vermieden werden, indem das Gas mit einer hohen Geschwindigkeit durch das Katalysatorbett geleitet wird. Wenn gewünscht wird, einen zylindrischen Reaktor zur Durchführung einer Reaktion des oben beschriebenen Typs ohne Entwicklung dieses Phänomens zu verwenden, wird es notwendig, die Länge des Reaktors zu erhöhen, wenn das Gas in Form eines axialen Stromes zugeführt wird, oder einen oder mehrere ungebrauchte Räume in dem Reaktor freizulassen, wenn das Gas als radialer Strom hindurchgeleitet wird. Wenn die Länge des Reaktors wie vorstehend erwähnt erhöht wird, wird der Druckverlust größer. Deswegen ist weder die erstere noch die letztere Maßnahme praktisch durchführbar. Im Gegensatz hierzu ist es leicht, kleine kurze und dicke Reaktionskammern in einem Reaktor auszubilden, ohne den ungenutzten Raum darin zu erhöhen, wenn die vorliegende Erfindung angewendet wird. Deshalb kann das oben beschriebene Phänomen mit Erfolg vermieden werden. Der zweite Grund für die verlängerte Lebensdauer des Katalysators liegt in der folgenden Situation. Wenn ein Zuführungsgas eine Spurenmenge einer Substanz enthält, die auf den Katalysator giftig wirkt, kann ein kleiner Raum, der ein Bett des Katalysators (d.h. eine Reaktionskammer), mit dem das Zuführungsgas zuerst in Kontakt gebracht wird, umschließt, in solch einem Aufbau ausgebildet werden, daß es von anderen Reaktionskammern und Räumen für einen Wärmeaustauscher und ein Kühlsystem in dem Reaktor ausreichend isoliert ist. Wenn diese Reaktionskammern mittels Leitungen miteinander verbunden sind, die außerhalb des kugelförmigen Reaktors vorgesehen und mit Ventilen ausgestattet sind, wird es möglich, wenn der mit dem Zuführungsgas zuerst in Kontakt getretene Katalysator vergiftet ist, die Reaktionskammer, die den so vergifteten Katalysator enthält, von den ande-

ren Reaktionskammern durch geeignete Betätigung der Ventile zu isolieren und den so vergifteten Katalysator durch eine frische Charge des Katalysators zu ersetzen, so daß die Lebensdauer des verbleibenden Katalysators, d.h. des Hauptteils des Katalysators, verlängert wird.

Der dritte Vorteil dieser Erfindung bezieht sich auf das Verfahren der Verwendung des Reaktors gemäß der Erfindung. Wie bereits in der Beschreibung der in Figur 6 gezeigten Ausführungsform erwähnt wurde, kann der Reaktor dieser Erfindung eingesetzt werden, um zwei oder mehr verschiedene chemische Reaktionen durchzuführen, die bei dem gleichen Druck und bei gleichen oder verschiedenen Temperaturen ablaufen. Obgleich der Reaktor gemäß der Erfindung als ein Reaktor für die parallele Durchführung zweier oder mehr chemischer Reaktionen, die nicht korreliert sind, verwendet werden kann, macht es der Einsatz des Reaktors gemäß der Erfindung im allgemeinen möglich, zwei oder mehr chemische Reaktionen im wesentlichen als eine einstufige Reaktion durchzuführen, um so ein Reaktionsendprodukt aus Ausgangsmaterialien zu erhalten, in dem die zwei oder mehr chemischen Reaktionen sukzessiv eine nach der anderen durchgeführt werden. Auf diese Weise ist das Verfahren der Erfindung zum Senken der Anzahl von Reaktoren geeignet.

Der Reaktor gemäß dieser Erfindung ist als ein Reaktor zum Erhalten eines gasförmigen Reaktionsproduktes aus gasförmigen Ausgangsmaterialien bei Drücken oberhalb 5 kg/cm^2 (etwa 5 bar) geeignet, und die vorstehend beschriebenen Vorteile werden umso größer, je mehr der Reaktionsdruck ansteigt und das innere Volumen des einzelnen Reaktors größer wird. Als chemische Reaktionen, die vorzugsweise unter Verwendung des Reaktors gemäß der Erfindung durchgeführt werden, können die folgenden

Reaktionen genannt werden: Synthesereaktion von Ammoniak aus einem Gas, das Wasserstoffgas und Stickstoffgas enthält; Synthesereaktionen von aliphatischen einwertigen Alkoholen wie Methanol, Äthanol, Propanolen und Butanolen aus einem Gas, das Wasserstoffgas und ein Kohlenoxid enthält; direkte Synthesereaktion von Kohlenwasserstoffen von einem Gas, das Wasserstoffgas und ein Kohlenoxid enthält (d.h. die sogenannte Fischer-Tropsch-Synthese); Syntheseverfahren, die das Synthetisieren von aliphatischen einwertigen Alkoholen aus einem Gas, das Wasserstoffgas und Kohlenoxid enthält, und nachfolgende Umwandlung der so erhaltenen aliphatischen einwertigen Alkohole zu Kohlenwasserstoffen einschließen; Reaktion zum Umwandeln eines Gases, das Dampf und Kohlenmonoxid enthält, in ein anderes Gas, das Wasserstoffgas und Kohlendioxid enthält; Reaktion zum Umwandeln eines Gases, das einen oder mehrere Kohlenwasserstoffe wie Methan und/oder Naphtha oder Erdöl und Dampf enthält, in ein anderes Gas, das Wasserstoffgas und ein Kohlenstoffoxid enthält; und Reaktion zum Synthetisieren gesättigter Kohlenwasserstoffe aus einem Gas, das einen oder mehrere ungesättigte Kohlenwasserstoffe und Wasserstoffgas enthält. Die angegebenen Reaktionen und Verfahren sind prinzipielle Beispiele.

Wenn diese chemischen Reaktionen durchgeführt werden, variieren die Reaktionsbedingungen wie Temperatur, Druck und Volumengeschwindigkeit von einer Reaktion zur anderen entsprechend der Art der Reaktionen, der Eigenschaften der zu verwendenden Katalysatoren usw. Es ist jedoch im allgemeinen möglich, derartige Reaktionen unter im wesentlichen den gleichen Bedingungen durchzuführen, wie sie für herkömmliche zylindrische Reaktoren gut bekannt sind.

Weiterhin können bekannte Gasverteiler, Wärmeaustauscher und gasdurchlässige Katalysatorhalterungen als Verteiler für die Zuführung eines Zustromgases niedriger Temperatur für das Kühlen der Katalysatoren und Gase in dem Reaktor gemäß der Erfindung, für die verschiedenen Wärmeaustauscher und die gasdurchlässigen Katalysatorhalterungen verwendet werden. Als Kühlmedien, die zum Kühlen von Katalysatoren und Reaktionsgasmischungen brauchbar sind und die entsprechend der indirekten Wärmeaustauschmethode nicht durch die Reaktionen geschickt werden, können als bevorzugte Beispiele die folgenden genannt werden: Wasser, dessen Druck so eingestellt worden ist, daß es bei einer gewünschten Temperatur siedet; eines der Kohlenwasserstoffe, die bei Raumtemperatur flüssig sind, oder eine Mischung von zwei dieser Kohlenwasserstoffe; ein Wärmeübertragungsmedium wie "DOWTHERM" (Handelsname; Produkt der Dow Chemical Company). Es können jedoch auch gasförmige Kühlmedien oder andere flüssige Kühlmedien in einigen Fällen in zufriedenstellender Weise verwendet werden.

Nach der Beschreibung der Erfindung ist dem Fachmann klar, daß viele Änderungen und Abwandlungen von den beschriebenen Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne daß der Umfang der Erfindung verlassen wird.

51

Leerseite

FIG.1

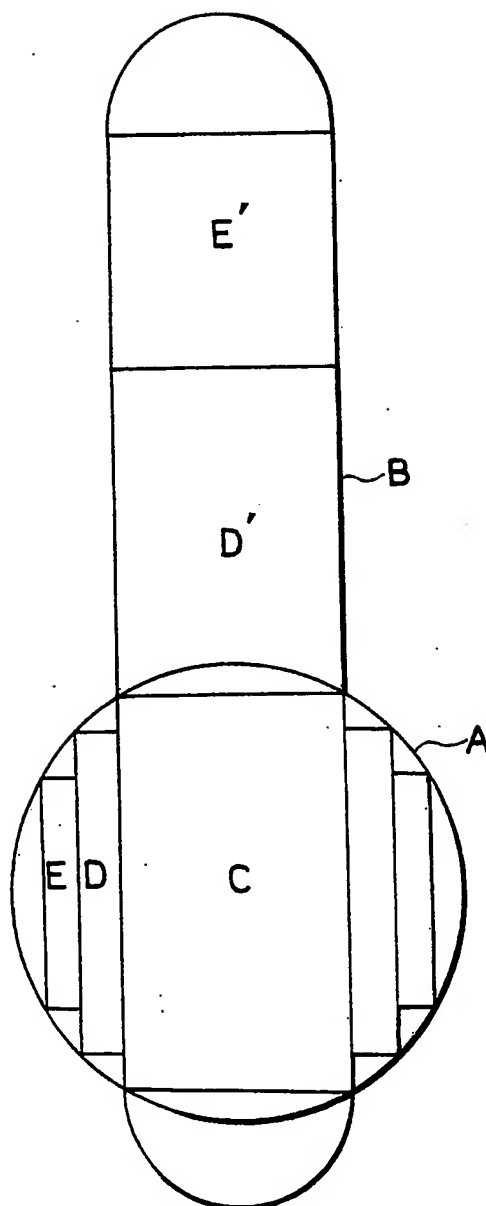


FIG. 2

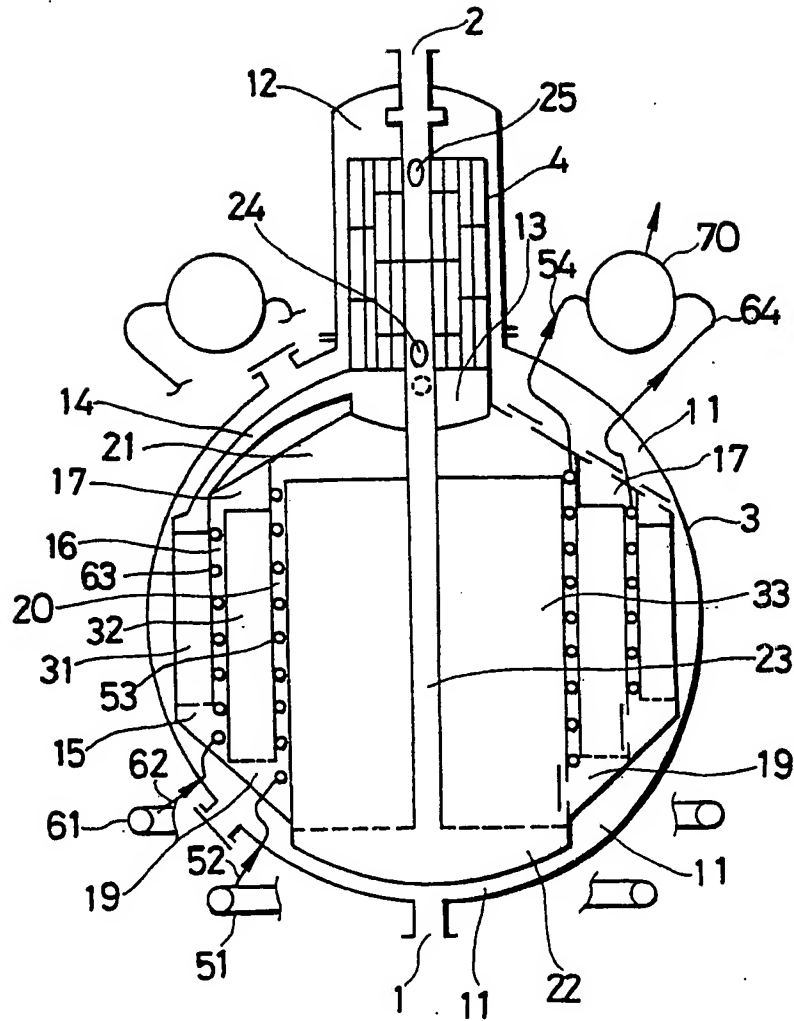
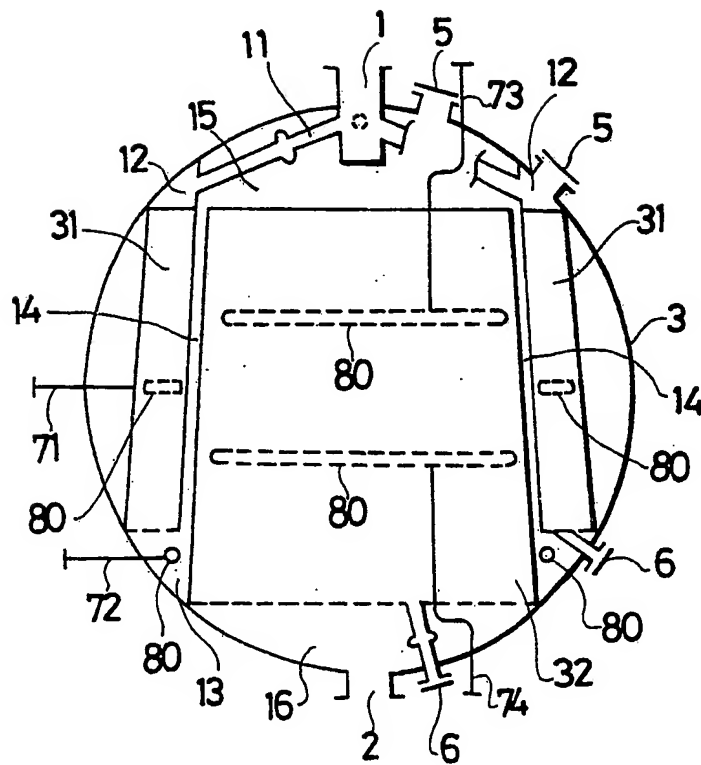


FIG.3



54

FIG. 4

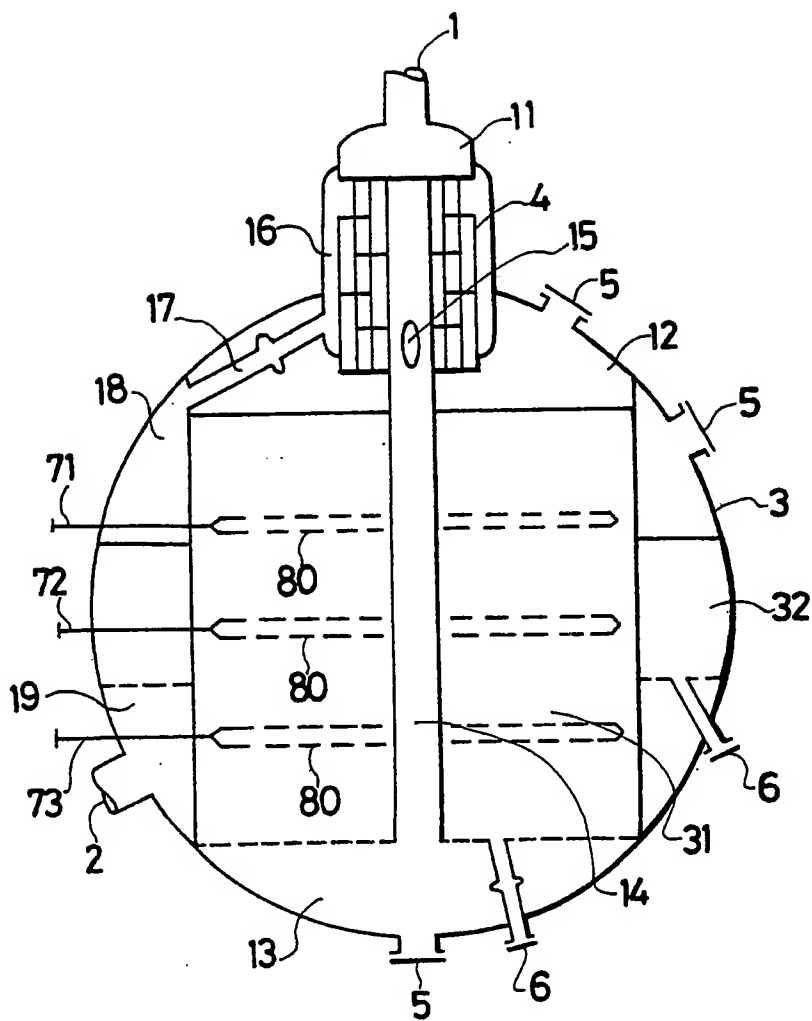


FIG. 6

